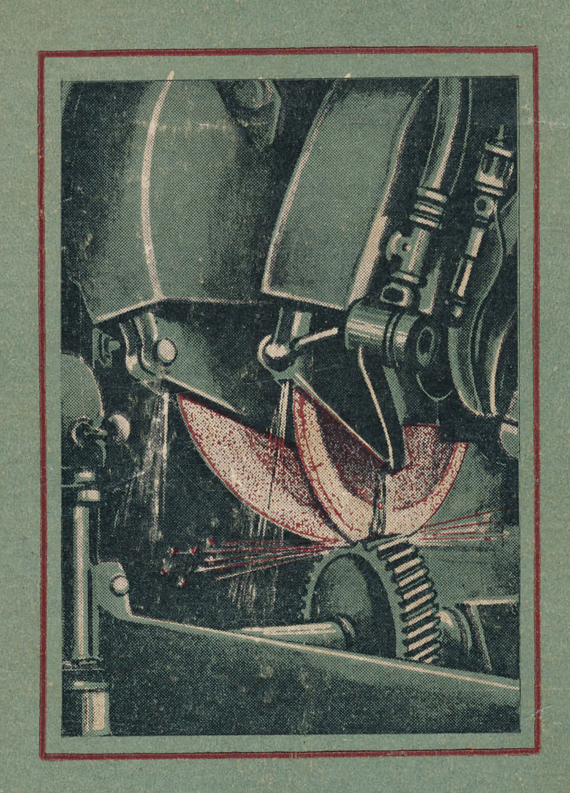
В. В. ЛОСКУТОВ



ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

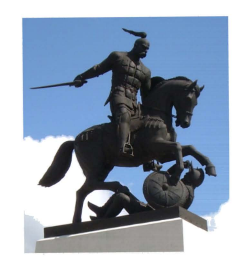
МАШГИЗ · 1956

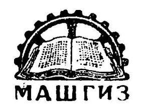
ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

В. В. ЛОСКУТОВ

ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Одобрено Ученым советом по профессионально-техническому образованию Главного управления трудовых резервов при Совете Министров СССР в качестве учебного пособия для технических училищ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1956 СВЕРДЛОВСК

Настоящая книга, являющаяся учебным пособием для подготовки в технических училищах шлифовщиков по металлу, составлена по программе, утвержденной Главным управлением трудовых резервов при Совете Министров СССР

В книге освещаются основы процесса и основные способы шлифования металлов, рассматривается устройство шлифовальных станков и приспособлений к ним, приводятся сведения о шлифовальных кругах, измерительном инструменте, допусках и посадках, а также о технике безопасности и организации работы при шлифовании.

Рецензент канд. техн. наук **Л. А. Глейзер**

Редакторы инж. *А. И. Розин*, инж. *В. И. Китаев*

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

Ведущий редактор *В. С Кравцов*

ВВЕДЕНИЕ

Современная машиностроительная промышленность производит самые разнообразные машины, начиная от мельчайших изделий точной механики и кончая громадными прокатными станами, мощными турбинами и шагающими экскаваторами. Для изготовления любых промышленных изделий: паровозов, турбин, экскаваторов, самолетов, автомобилей, прокатных станов, часов, обуви, одежды и т. д. необходимы машины, станки, приборы, аппараты, инструменты. Это все дает нашей промышленности машиностроение.

Широкое применение машин в народном хозяйстве позволяет механизировать тяжелые и трудоемкие работы, автоматизировать процессы производства, облегчать труд рабочего, увеличивать его производительность и поднимать культуру и благосостояние советского народа.

В нашем обществе техника не может стоять на месте, она должна все время совершенствоваться: старая техника должна заменяться новой, а новая — новейшей. Непрерывный технический прогресс — обязательное условие роста социалистического производства.

Современное машиностроение немыслимо без шлифования и шлифовальных станков. Шлифование, как один из наиболее производительных и точных способов обработки металлов, находит все большее и большее применение. Роль шлифовальных работ в машиностроении непрерывно растет. Можно без преувеличения сказать, что шлифование в машиностроении имеет большую будущность. Шлифованием достигается наивысшая точность формы и размеров деталей, высокая степень чистоты обработанных поверхностей, что в конечном итоге определяет качество машин, приборов и механизмов.

Технический прогресс в машиностроении и его развитие в направлении максимальной экономии затрат труда и материалов на создание машин приводит к тому, что припуски на обработку деталей непрерывно уменьшаются. Это неизбежно приведет к замене ряда способов обработки шлифованием и еще большему его применению в производстве.

Современные шлифовальные станки достигли высокой степени совершенства. Они сейчас способны обеспечить шлифование деталей с высокой точностью, производительностью и автоматичностью. Поэтому шлифовальные станки наряду с другими устанавливаются в автоматические станочные линии.

Велика роль новаторов во всех отраслях производства и в том числе в улучшении технологии шлифовального дела. Эти пытливые люди неустанно ищут новых путей для увеличения выпуска продук-

ции со своих станков. Советские люди знают, что совершенствование организации производства, внедрение новой техники и рационализация производства облегчают труд рабочего, повышают материальное благополучие трудящихся, способствуют увеличению богатств нашей Родины.

Послевоенные годы ознаменовались широким развитием социалистического соревнования. Возникли новые формы, свидетельствующие о дальнейшем культурно-техническом росте и духовной зрелости советских людей. Так, например, знатный мастер завода «Калибр» Николай Российский добился исключительно высокой производительности труда и отличного качества продукции на своем участке. Источником успехов Н. Российского явилось:

1) технически обоснованное и оперативно осуществляемое планирование производства по всем показателям; доведение перспективных планов до каждого рабочего, т. е. каждому рабочему стало известно, что он должен делать в течение месяца; выдача сменных заданий, ежедневное подведение итогов работы и ознакомление коллектива с ее результатами;

2) хорошо организованная подготовка производства, учет и контроль хода производства во время работы;

3) творческое участие мастеров и рабочих в разработке и усовершенствовании технологических процессов и своевременное изготовление силами своего участка более производительной технологической оснастки;

4) охват всех работающих техническим обучением и широкий обмен производственным опытом;

5) правильная организация оплаты труда;

6) вовлечение всех рабочих в социалистическое соревнование и всемерное развитие их творческой инициативы.

Это начинание Н. Российского замечательно тем, что оно конкретно показывает пути перехода на образцовую работу отдельных участков, цехов и целых предприятий.

Токарь станкостроительного завода имени Свердлова Г. С. Борткевич, применяя скоростные методы обработки сталей марок 40Х и 45, на токарном станке достиг скоростей резания 300—500 *м/мин,* а при обработке деталей из стали марки 20Х довел скорости резания до 700 *м/мин.* Токарь Московского завода шлифовальных станков П. Б. Быков при обработке различных деталей на токарном станке достиг скорости резания 600—800 *м/мин.* Г. С. Борткевич и П. Б. Быков применяли резцы с пластинками из твердого сплава, имеющие более совершенную геометрию режущей части.

Заслугой токаря Средневолжского станкозавода В. А. Колесова является применение резца особой геометрической формы, позволяющей работать на токарном станке с использованием больших подач и в то же время получать хорошее качество обработанной поверхности на получистовых и чистовых операциях с чистотой 5—6 классов по ГОСТ 2789—51. Применение В. А. Колесовым резца для больших подач увеличило производительность станка по машинному времени в несколько раз.

Почин инж. Ф. Л. Ковалева заключается в изучении производственных приемов рабочих, отборе наиболее рациональных из них и передаче их массе других рабочих. Отбор рациональных приемов и внедрение их производится в следующем порядке:

1) хронометрируется работа передовиков производства;
2) изучаются результаты хронометража и приемы работы;
3) отбираются те приемы, на которые затрачивается меньше времени, но и не требуется чрезмерного напряжения сил рабочего;
4) составляются инструкции с рисунками и фотографиями, показывающими сущность и методы наилучших приемов работы;
5) организуется обучение этим приемам мастеров и бригадиров, которые в свою очередь обучают рабочих, занятых на однотипных работах.

Обучение рабочих по предложенному методу дает большой производственный эффект. Так, на заводе им. М. И. Калинина было произведено изучение по методу инж. Ф. Л. Ковалева операции шлифования резьбы метчика диаметром 12 *мм.* При этом наблюдалась работа трех резьбошлифовщиков. Наблюдения показали, что тов. Егорова затрачивает на шлифование одного метчика 7 мин. 14 сек., тов. Дергунова — 9 мин., а тов. Куприянова — 9 мин. 22 сек. Изучение приемов работы всех трех резьбошлифовщиков показало, что тов. Егорова добилась успеха за счет правильного выбора шлифовального круга и режимов резания. Это дало ей возможность предварительно прошлифовать резьбу за два прохода, затратив на эту работу 2 мин. 20 сек., вместо трех проходов, применяемых Дергуновой и Куприяновой, которые тратили на эту операцию по 3 мин. 40 сек. Все это позволило сделать вывод о целесообразности применения на данной операции шлифовальных кругов с зернистостью 170 и твердостью С1, числа оборотов детали, равного 18 об/мин, и глубины шлифования за один проход, равной 0,22—0,25 *мм.*

Замечательную инициативу проявили и токари Люблинского литейно-механического завода А. Жандарова и О. Следкова (Агафонова). Они выступили с предложением отлично выполнять каждую производственную операцию. Дело в том, что технологический процесс производства, как правило, состоит из многих операций. Чем сложнее деталь, тем больше этих операций; и бывает так, что деталь, пройдя весь длинный путь технологического процесса, на одной из последних операций оказывается браком. Так может случиться, если, например, при зацентровке вала не было обращено внимания на качество и глубину центрового отверстия, тогда на последующих операциях условия работы ухудшатся. Смещение центра может вызвать неравномерное распределение припуска по окружности вала; недостаточная глубина зацентровки приведет к неправильному прилеганию упорного центра к поверхности центрового отверстия и, как следствие, к биению вала. Отличное выполнение каждой операции оказывает большое влияние на рост производительности труда и создает уверенность в конечном результате работы.

С 20 сентября 1954 года в нашей стране начали работать технические училища. Это новый тип профессиональных учебных заведений,

рассчитанных на подготовку высококвалифицированных рабочих и младшего технического персонала из молодежи, имеющей законченное среднее образование. В таких кадрах сейчас особенно нуждается наша промышленность. Современная техника на производстве механизирована, автоматизирована, электрифицирована. После исторических решений XX съезда КПСС развитие техники идет еще более быстрыми темпами. В больших масштабах будет применяться на производстве автоматика, телемеханика, радиотехника и электротехника.

Для управления такой техникой нужны образованные люди. Все это новое в технике производства необходимо основательно изучать, осваивать и совершенствовать. Над этим надо много и упорно работать.

Новые образованные кадры, творчески сочетая умственный труд с физическим и овладевая высокой техникой производства, будут активно содействовать техническому прогрессу нашей промышленности.



ГЛАВА I

ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ, ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА И ПЕРВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

§ 1. ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ РАБОЧИХ

Наше государство расходует громадные средства для создания таких условий труда, которые бы сделали невозможными случаи производственного травматизма (повреждения организма человека). На многих наших предприятиях травматизм полностью ликвидирован.

В капиталистических же странах хозяева не проявляют заботы о здоровье рабочих; там нет охраны труда. Так, например, в американской промышленности через каждые 16 сек. происходит несчастный случай, а через каждые 3—4 мин. погибает или становится инвалидом один рабочий. Число таких несчастных случаев ежегодно исчисляется миллионами. Не лучше обстоит дело с охраной труда и в другой крупной капиталистической стране — Англии. Это объясняется тем, что капиталисты заинтересованы только в прибылях и им нет дела до здоровья рабочих.

Под охраной труда следует понимать сумму технических, санитарно-гигиенических и правовых мероприятий, направленных на создание безопасных и здоровых условий труда. Эти мероприятия проводятся у нас в стране на основании действующего трудового законодательства и являются обязательными для всех руководителей хозяйственных организаций.

К техническим мероприятиям на производстве (техника безопасности) относятся: ограждение опасных мест, создание технологических процессов, при выполнении которых не возникает опасность для жизни и здоровья работающего, и т. д.

К санитарно-гигиеническим мероприятиям (промышленная санитария) относятся: соблюдение чистоты на рабочем месте и чистоты воздуха в помещении, создание нормального освещения, устройство комнат отдыха, душей и т. д.

Техника безопасности и промышленная санитария — прикладные науки. Они изучают те условия в производственной обстановке, которые могут прямо или косвенно привести к несчастным случаям, профессиональным отравлениям и заболеваниям, и разрабатывают пути их устранения.

Мероприятия правового порядка, связанные с охраной труда, осуществляются на основе Конституции СССР, Кодекса законов о труде (КЗОТ) и других законов. Контроль над соблюдением законодательства по труду осуществляется профессиональными союзами.

§ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Цель промышленной санитарии — устранить условия, вредно отражающиеся на организме рабочего.

Чистота на рабочем месте. Специально приспособленное место, на котором рабочий выполняет свою работу, называется его рабочим местом. От чистоты рабочего места зависит безопасность работы. Об этом должен заботиться рабочий сам. На рабочем месте должно находиться только то, что необходимо для выполнения заданной работы. Все то, что не нужно для работы, должно быть убрано с рабочего места.

При смазке станка необходимо следить за тем, чтобы масло не вытекало из смазочных устройств и не разливалось вокруг станка. Смазочно-охлаждающая жидкость также не должна вытекать через соединения трубопроводов. От разлитого масла и охлаждающей жидкости пол становится скользким, вследствие чего легко можно поскользнуться и упасть. Проходы между станками должны быть свободными. Пол не должен иметь выбоин и неровностей.

Загроможденный проход и неровный пол также могут быть причиной несчастного случая.

Вентиляция. Чистый воздух в помещении, где приходится работать, способствует сохранению здоровья и повышению производительности труда. Температура воздуха зимой в механических цехах должна быть в пределах от 16—18°. Зимой и летом необходимо хорошо проветривать рабочие помещения. Все промышленные помещения должны иметь естественную, а в необходимых случаях и искусственную вентиляцию. Лучшая вентиляция для механических цехов — естественная: через световые фонари крыши или через открывающиеся части окон. Вместе с тем нужно следить, чтобы в рабочих помещениях не было сквозняков.

При работе на шлифовальных станках мельчайшие частицы металла и абразивная пыль (при сухом шлифовании) загрязняют воздух и проникают в легкие рабочего. Осаждаясь в дыхательных путях, металлическая и абразивная пыль вызывает легочные заболевания. Поэтому станки, применяемые при шлифовальных, заточных и полировочных работах, необходимо изолировать от других станков и устроить пылеприемники с индивидуальным отсосом.

Освещение. Хорошее освещение способствует повышению производительности труда, улучшению качества изготовляемых изделий, а также сохраняет зрение у рабочих и снижает травматизм.

Освещение может быть естественным, когда используется дневной свет, и искусственным, когда применяются электрические лампы. Естественное освещение в цехе обеспечивается боковыми окнами и при ширине помещения свыше 12 *м* световыми фонарями на крыше.

Искусственное освещение цеха и рабочего места должно быть равномерным. При работах, выполнение которых требует повышенной точности, помимо общего освещения, необходимо дополнительно оборудовать рабочие места лампами местного освещения, питаемыми током напряжением 36 *в*. Как правило, рабочая зона станка должна освещаться сзади, слева и сверху. При местном освещении, во избежание ослепления рабочего, на всех лампочках должны быть хорошие отражатели.

Окна, световые фонари и электрические лампочки должны содержаться в чистоте. Запыленные, грязные стекла задерживают больше половины солнечного света, а покрытые пылью электрические лампочки значительно меньше дают света.

Производственный шум. Значительный шум и сотрясения приносят серьезный вред здоровью рабочего. Шум вызывает раздражение нервной системы, снижает внимание и приводит с течением времени к бессоннице. В результате этого снижается работоспособность рабочего.

Сильное сотрясение, непосредственно испытываемое руками рабочих, способствует поражению нервной системы. В тех случаях, когда устранение или уменьшение шума невозможно, необходимо слух рабочего защищать ушными заглушками разных конструкций.

Личная гигиена. Личная гигиена рабочего имеет огромное значение для его здоровья. Во время работы рабочий потеет, лицо и руки его покрываются пылью, грязью и маслом. Пот и грязь, проникая в поры кожи, вызывают появление расчесов, нарывов и сыпи; кожа грубеет и трескается. Поэтому настоятельно рекомендуется после рабочего дня мыть все тело водой с мылом; лучше принимать теплый душ. Особенно тщательно следует мыть руки после работы с охлаждающими жидкостями. Нужно всегда мыть руки перед принятием пищи и сразу же по окончании работы. Прием пищи должен производиться только в столовой, на чистом столе.

Вода для питья должна быть в каждом цехе: для этого устанавливаются баки с остуженной кипяченой водой и плотно закрытыми крышками, снабженные фонтанчиками. Ни при каких обстоятельствах нельзя пить сырую воду, в особенности из источников, не рассчитанных на снабжение питьевой водой.

Для хранения спецодежды необходимо иметь особые шкафы или помещения. Спецодежду следует регулярно отдавать в стирку и ежедневно просушивать.

В результате напряженной работы человек утомляется. Основной отдых и полное восстановление сил, израсходованных за день, организм получает во время сна, продолжительность которого должна быть не менее 7—8 часов. Для лучшего восстановления сил и предупреждения быстрой утомляемости рекомендуется заниматься физической культурой. Утренняя гимнастика — необходимое условие борьбы с усталостью. В нашем государстве созданы все условия для массового развития физкультурного движения. К услугам желающих заниматься спортом имеются стадионы, катки, лыжные станции, бассейны, водные станции и физкультурные площадки.

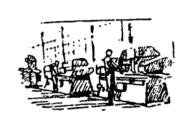
§ 3. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ

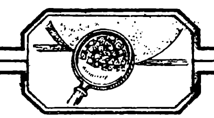
Общие положения. Каждое промышленное предприятие, в зависимости от его размеров, должно иметь медпункт или амбулаторию. Крупные предприятия имеют свои поликлиники. В этих учреждениях оказывается необходимая помощь при несчастном случае.

Для оказания первой помощи при незначительных ранениях и ушибах в цехах имеются аптечки, за состояние которых отвечает один из работников цеха. Необходимо строго следить, чтобы в этой аптечке всегда имелся набор перевязочных материалов (бинт, марля, вата) и наиболее ходовые медикаменты (иод, нашатырный спирт, валериановые капли и т. п.). Для оказания помощи в случае тяжелых ранений и ушибов, при которых пострадавший теряет способность самостоятельно передвигаться, в цехе имеются носилки. Аптечка и носилки должны храниться на видном месте, а проходы к ним всегда должны быть свободными.

Первая помощь при поражении электрическим током. Электрический ток, проходя через организм человека, поражает внутренние органы (сердце, органы дыхания, нервную систему), производит ожоги и иногда является причиной ушибов и ранений, связанных с падением пострадавшего. Главным условием спасения пораженного током является: быстрота действия, находчивость и умение, проявленные при оказании первой помощи.

В том случае, когда человек попал под напряжение и не может самостоятельно оторваться от токопроводящих частей, необходимо немедленно освободить его от действия тока. Прежде всего следует выключить напряжение, так как прикасаться в этот момент к пострадавшему нельзя. При отсутствии поблизости рубильника для выключения тока, необходимо перерубить провода, например, топором с деревянной ручкой (допускается при напряжении 110, 220, 380 *в*) или замкнуть провода накоротко, чтобы перегорели плавкие предохранители. Если все же нельзя обесточить проводник тока, то нужно изолировать себя: надеть резиновые перчатки, сухие калоши или встать на доску. В том случае, когда пострадавший находится без сознания, нужно немедленно, не теряя времени, применить искусственное дыхание. До искусственного дыхания следует освободить пострадавшего от частей одежды, стесняющих дыхание (расстегнуть воротник, освободить пояс и т. д.).





ГЛАВА II

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ШЛИФОВАНИИ МЕТАЛЛОВ

Технология шлифования металлов и конструкция шлифовальных станков в настоящее время достигли такого совершенства, что любая деталь может быть обработана шлифованием.

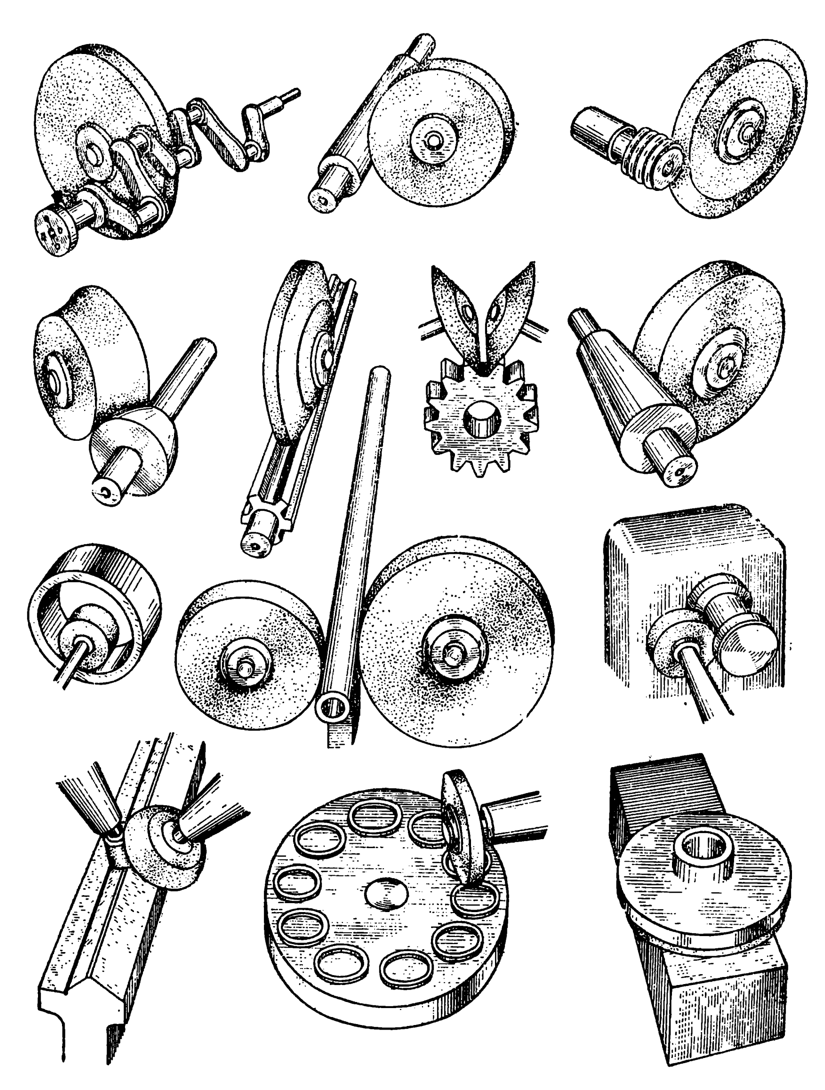
На фиг. 1 показаны типовые детали, которые подвергаются обработке на шлифовальных станках. Среди них имеются как простые цилиндрические валики, так и сложные коленчатые валы двигателей, или, например, детали, образованные плоскими поверхностями, и детали, поверхности которых представляют собой сложную пространственную форму.

§ 1. ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ И ЕГО СУЩНОСТЬ

Изделиями машиностроительных заводов и их производственных цехов являются различные детали машин и целые машины. Любые детали, которые изготовляются на заводах, как правило, подвергаются механической обработке на станках резанием и ручной слесарной обработке, необходимой для того, чтобы удалить с заготовок излишек металла и придать им необходимые форму, размеры и чистоту поверхностей.

Шлифование — один из видов обработки металлов резанием. При шлифовании этот излишний слой металла (припуск на обработку) снимается специальными абразивными инструментами — шлифовальными кругами. Шлифовальный круг представляет собой пористое тело, состоящее из большого количества мелких зерен очень твердого материала. Эти зерна соединены между собой особым веществом, которое называется связкой. Твердые материалы, из которых состоят зерна шлифовального круга, называются абразивными материалами.

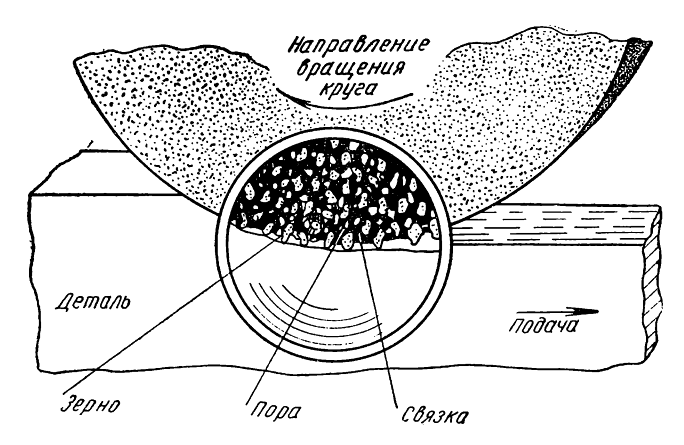
Процесс шлифования состоит в том, что шлифовальный круг снимает с детали тонкий слой металла острыми гранями своих абразивных зерен (фиг. 2). Зерна, из которых состоит шлифовальный круг, имеют неправильную геометрическую форму. По мере затупления при шлифовании абразивные зерна врезаются в материал с большим усилием и давление на них возрастает. В тот момент, когда это давление превзойдет прочность зерна или удерживающей его связки, зерно или разрушается, или полностью выкрашивается. Так восстанавливаются режущие свойства круга в процессе его работы. Благодаря это-



Фиг. 1. Типовые детали, обрабатываемые на шлифовальных станках.

му шлифовальные круги не теряют режущих свойств до полного износа.

Шлифование применяется для того, чтобы придать детали окончательные размеры и достигнуть высокой степени чистоты поверхности, особенно в тех случаях, когда этого достигнуть другими способами обработки затруднительно. Такие результаты шлифования объясняются тем, что шлифовальным кругом можно снимать очень тонкий слой металла, равный тысячным долям миллиметра.



Фиг. 2. Процесс шлифования.

Шлифованием обрабатывают самые твердые металлы, в том числе и закаленную сталь.

§ 2. ВИДЫ И СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ

Поверхности, которые обрабатываются у деталей, могут быть простыми и сложными. К числу простых поверхностей относятся: наружная или внутренняя цилиндрическая поверхность (гладкий вал или отверстие) и плоскость. Сложными поверхностями будут такие, как коническая, винтовая, эвольвентная и некоторые другие. Для осуществления процесса шлифования необходимо, чтобы деталь и абразивный инструмент имели соответствующие относительные движения, позволяющие удалить имеющийся припуск на обработку.

В машиностроении наиболее часто применяются следующие виды шлифования: круглое наружное, круглое внутреннее и плоское.

Круглое наружное шлифование. К этому виду шлифования относятся:

а) круглое наружное шлифование с продольной подачей;

б) круглое наружное шлифование врезанием;

в) наружное бесцентровое шлифование.

Для осуществления круглого наружного шлифования с продольной подачей необходимы следующие движения (фиг. 3, *I*):

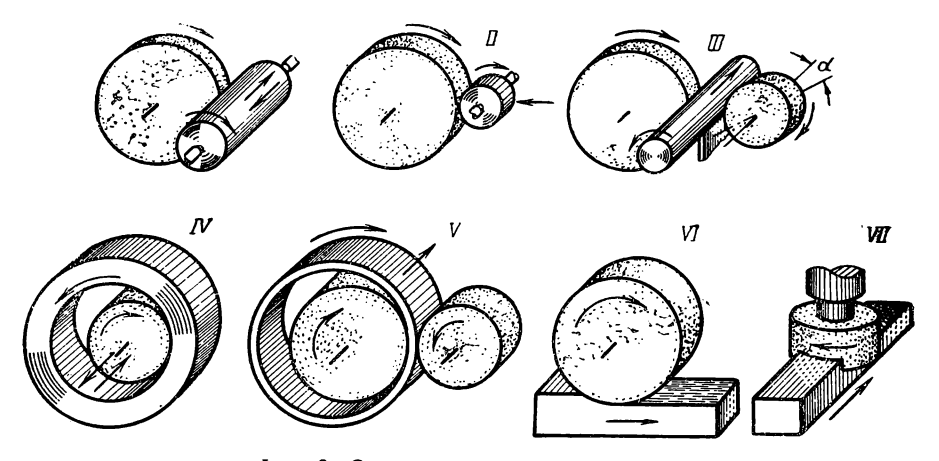
а) вращение шлифовального круга, или главное движение резания;

б) вращение детали вокруг своей оси — круговая подача детали;

в) прямолинейно-возвратное движение детали (или шлифовального круга) вдоль его оси — продольная подача;

г) поперечное перемещение шлифовального круга на деталь или, наоборот, детали на круг — поперечная подача, или подача на глубину шлифования. Как правило, этот вид подачи в процессе шлифования не участвует, а осуществляется периодически в конце каждого двойного хода детали или круга.

Круглое наружное шлифование врезанием (фиг. 3, *II*) отличается от первого способа шлифования тем, что высота применяемого при



Фиг. 3. Основные виды шлифования:

I — круглое наружное с продольной подачей; *II* — круглое наружное врезанием; *III* — наружное бесцентровое; *IV* — внутреннее с продольной подачей; *V* — внутреннее бесцентровое; *VI* — плоское — периферией круга; *VII* — плоское — торцом круга.

этом шлифовального круга должна быть обязательно больше длины детали. Поэтому здесь отпадает необходимость в продольной подаче. Поперечная подача осуществляется не периодически, а непрерывно — в течение всего процесса шлифования. Таким образом, для осуществления наружного шлифования врезанием необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга, вращение детали вокруг своей оси или его круговая подача и непрерывная поперечная подача.

Бесцентровое шлифование (фиг. 3, *III*) представляет собой разновидность наружного круглого шлифования. Между двумя кругами — рабочим (слева) и подающим или ведущим (справа) — пропускается шлифуемая деталь.

Ведущий круг можно установить под небольшим углом α к рабочему кругу. Вследствие этого он начнет перемещать деталь вдоль ее оси и одновременно сообщит ей вращательное движение. Это дает возможность шлифовать детали без их закрепления в центрах, ограничиваясь поддержкой опорным ножом. Для осуществления процес-

са бесцентрового шлифования необходимы следующие движения: вращение шлифовального и подающего кругов, круговая подача детали и ее продольная подача.

Круглое внутреннее шлифование. К этому виду шлифования относятся:

а) круглое внутреннее шлифование с продольной подачей;

б) круглое внутреннее бесцентровое шлифование.

Круглое внутреннее шлифование с продольной подачей показано на фиг. 3, *IV*. Для осуществления этого способа шлифования необходимы такие же движения, как и при круглом наружном шлифовании с продольной подачей, а именно: вращение шлифовального круга, круговая подача детали, продольная подача детали или круга.

Круглое внутреннее бесцентровое шлифование (фиг. 3, *V*), подобно наружному, осуществляется без закрепления шлифуемой детали.

Плоское шлифование. Этот вид шлифования делится на два различных способа шлифования:

а) плоское шлифование периферией круга (фиг. 3, *VI*);

б) плоское шлифование торцом круга (фиг. 3, *VII*).

Для осуществления плоского шлифования необходимы следующие движения:

а) вращение шлифовального круга — главное движение резания;

б) продольное возвратно-поступательное движение детали или подача детали;

в) прямолинейное движение детали или шлифовального круга в перпендикулярном направлении к продольной подаче;

г) поперечное движение круга на деталь — поперечная подача или подача на глубину шлифования.

В этом параграфе разобраны только основные виды шлифования. В дальнейшем будут описаны и другие способы шлифования, главным образом специальные: глубинное шлифование, шлифование конусов, шлифование с планетарным перемещением шлифовального круга, отделочные операции, резьбошлифование и другие.

§ 3. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С ШЛИФОВАЛЬНЫМИ СТАНКАМИ

На фиг. 3 показаны необходимые движения, которые следует сообщить шлифовальному кругу и детали в процессе шлифования. Эти движения можно получить на шлифовальных станках, на которых устанавливаются и обрабатываются различные детали.

Коротко остановимся на типичных представителях шлифовальных станков. Подробнее они будут рассмотрены в соответствующей главе учебника.

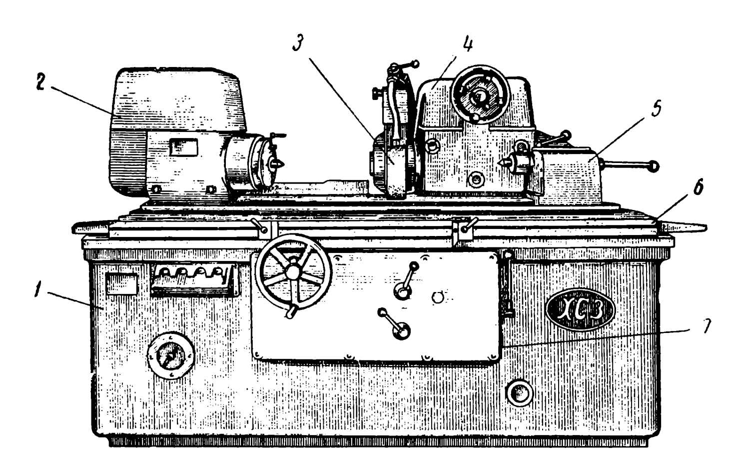
На фиг. 4 показан круглошлифовальный станок модели 3151, изготовляемый Харьковским станкостроительным заводом. Станок имеет следующие основные узлы и детали:

а) станину станка *1*, на которой расположена шлифовальная бабка; по станине перемещается рабочий стол *6* с передней *2* и задней *5* бабками;

б) переднюю бабку *2*, которая служит для поддержания детали при ее обработке и сообщает ей круговую подачу (подачу детали);

в) шлифовальный круг *3*, закрытый предохранительным кожухом и осуществляющий процесс резания;

г) шлифовальную бабку *4*, несущую на шпинделе шлифовальный круг и сообщающую ему вращательное движение;



Фиг. 4. Круглошлифовальный станок модели 3151.

д) заднюю бабку *5*, которая служит для поддержания другого конца детали при работе в центрах;

е) стол *6*, сообщающий детали возвратно-поступательное движение — продольную подачу;

ж) панель управления *7*, где собраны механизмы управления станком.

Рассматриваемый станок относится к числу простых круглошлифовальных станков, на которых можно шлифовать детали как в центрах, так и в патроне и получать точные цилиндрические, конические и торцовые поверхности. Универсальный круглошлифовальный станок отличается от простого тем, что имеет приспособление для внутреннего шлифования и поворотную шлифовальную бабку, дающую возможность шлифовать короткие крутые конусы в центрах.

На фиг. 5 показан патронный внутришлифовальный станок модели 3250, выпускаемый Московским заводом шлифовальных станков. Ниже даются названия и назначение его основных узлов и деталей:

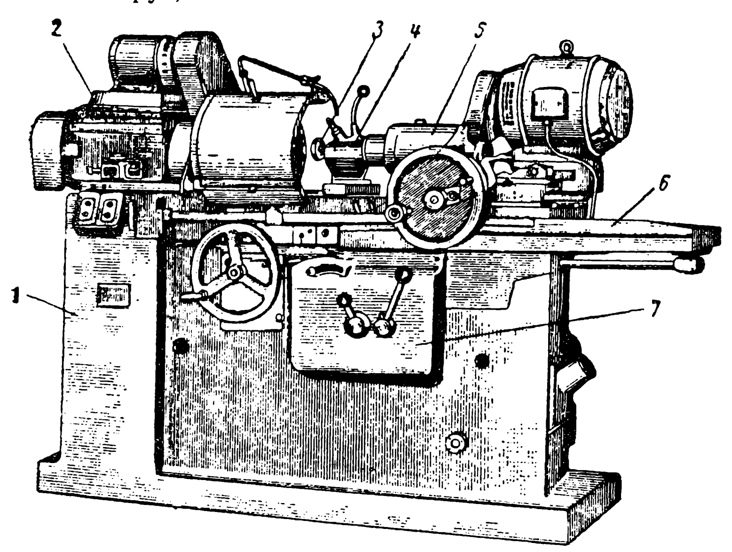
а) станина *1*, по которой перемещается стол *6* с шлифовальной бабкой *5* и электродвигателем;

б) передняя бабка *2*, на шпинделе которой крепится патрон или приспособление для закрепления детали: передняя бабка сообщает деталям круговую подачу;

в) шлифовальный круг *3*;

г) приспособление *4* для правки шлифовального круга;

д) шлифовальная бабка *5*, на шпинделе которой устанавливается шлифовальный круг;



Фиг. 5. Внутришлифовальный станок модели 3250.

е) стол *6* станка, сообщающий шлифовальному кругу возвратно-поступательное движение;

ж) панель управления *7*.

Этот станок служит для шлифования цилиндрических и конических отверстий.

На фиг. 6 показан плоскошлифовальный станок модели 371 Московского завода шлифовальных станков. Названия и назначение основных его узлов и деталей следующие:

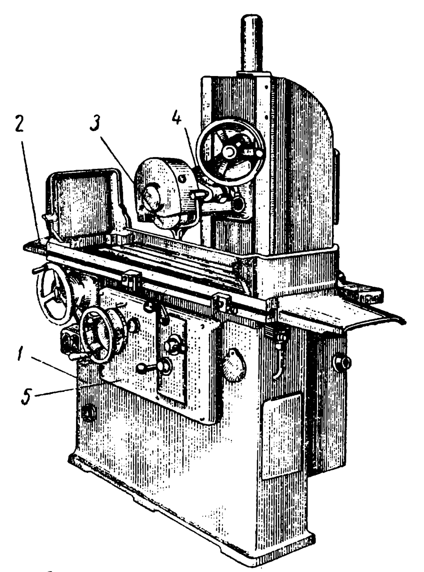
а) станина станка *1*, по которой перемещается стол и шпиндельная бабка;

б) стол *2*, получающий возвратно-поступательное движение вместе с шлифуемыми деталями, которые помещаются на поверхности основного или магнитного столов;

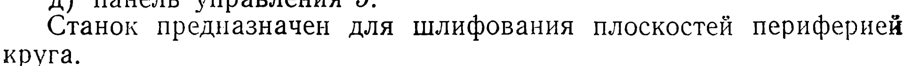
в) шлифовальный круг *3*;

г) шлифовальная, или шпиндельная бабка *4*, несущая на шпинделе шлифовальный круг;

д) панель управления *5*.



Фиг. 6. Плоскошлифовальный станок модели 371.


Станок предназначен для шлифования плоскостей периферией круга.

§ 4. УХОД ЗА СТАНКАМИ

Уход за станком выражается в проявлении постоянной заботы о станке, с целью сохранения его точности и производительности в течение длительного срока службы. К уходу за станком следует отнести: а) смазку и чистку; б) регулирование узлов; в) осмотры и ремонты.

Тщательный уход за станком — регулярная протирка и смазка всех трущихся поверхностей — обеспечивает безотказную работу его. На чистом, аккуратном станке приятно работать, а это одно из условий высокой производительности. Тщательный и регулярный уход за станком дает возможность следить за всеми его отклонениями и капризами, что, в свою очередь, дает возможность быстро выявлять погрешности обработки, связанные со станком.

Правильная система смазки значительно снижает потери энергии на трение, повышает коэффициент полезного действия станка, уменьшает износ, увеличивает долговечность трущихся поверхностей, сохраняет точность станка, способствует плавной его работе, чистоте обработанных на станке поверхностей и т. д.

Рекомендуются следующие правила ухода за станком.

1. Перед пуском станка необходимо тщательно очищать его от пыли и грязи, проверять исправность механизмов, а также смазочной и охлаждающей систем и наличие в них смазки и охлаждающей жидкости.

2. При работе все масленки нужно заправлять смазкой не менее четырех раз в смену, регулировать кольцевые и капельные масленки и тщательно прикрывать их крышками.

3. Направляющие супортов, винты, валики, открытые зубчатые передачи и другие открытые трущиеся части необходимо смазывать тонким слоем машинного масла марки Л, а вертикальные валики, винты и расположенные в малодоступных местах зубчатые передачи — солидолом Л. Своевременно производить удаление грязи и отработанной смазки.

4. Подшипники с кольцевой смазкой необходимо заливать веретенным маслом марки 3 до уровня контрольной пробки.

5. Масляные ванны необходимо заливать маслом, согласно инструкции по смазке станка, до уровня, расположенного на 15—20 *мм* ниже валиков, проходящих через стенки коробок.

6. В циркуляционных системах, масляных ваннах и подшипниках с кольцевой смазкой замену отработанного масла нужно производить не реже одного раза в три месяца.

7. Фитильные масленки необходимо содержать в чистоте, исправности и наполненными маслом до уровня трубки, не ниже половины ее высоты.

8. Раз в месяц необходимо производить очистку и промывание охлаждающей системы с полной заменой отработанной жидкости.

9. Во время работы станка необходимо следить за температурой подшипников и прежде всего подшипников шлифовального круга, не допуская их перегрева.

10. По окончании работы станочник обязан убрать станок. При уборке, кроме очистки поверхности станка от стружки, следует тщательно протереть чистыми тряпками все открытые трущиеся поверхности (направляющие станин, супортов и пр.), для чего прогнать стол по всей длине направляющих; прочистить и протереть открытые подающие винты; вычистить грязь и абразивную пыль из всех пазов и отверстий, в том числе и смазочных; смазать все трущиеся поверхности и залить масло в масленки. Во время работы станка во избежание несчастного случая нельзя обтирать его.

§ 5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Тот участок территории цеха со всем необходимым оборудованием и инвентарем, на котором рабочий выполняет заданную ему работу, называется его рабочим местом. Так, например, шлифовальный станок с необходимыми приспособлениями, шкафчик и то место, по которому перемещается рабочий, управляя станком, является рабочим местом шлифовщика.

Система или порядок расположения инвентаря, приспособлений, инструмента и принадлежностей во время работы и хранения их после работы называется организацией рабочего места.

В борьбе за полное использование оборудования и высокую производительность труда правильная организация рабочего места имеет первостепенное значение. Многие передовые рабочие добились значительных успехов в работе благодаря введению ряда усовершенствований в организации своего рабочего места.

Правильная организация рабочего места заключается в расположении всех предметов, находящихся на рабочем месте, таким образом, чтобы станочнику не приходилось делать лишних движений и в то же время они не стесняли бы его при работе.

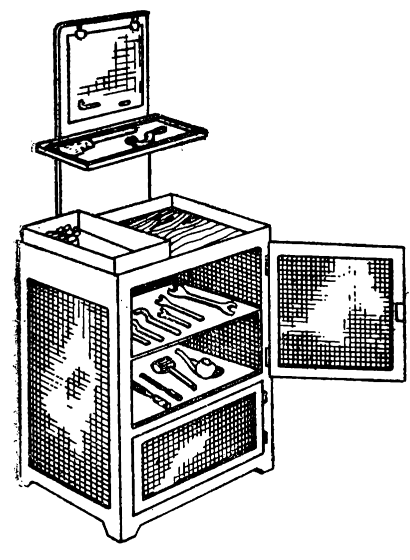
Основное требование правильной организации рабочего места состоит в том, чтобы на нем находились только те предметы, которые действительно необходимы для выполнения данной операции, причем каждый предмет должен находиться всегда на определенном месте. Придерживаются следующего правила: все, что берется левой рукой, должно находиться налево; все, что берется правой рукой, должно лежать направо; все, чем пользуются чаще, располагается ближе, а то, чем пользуются реже, может лежать дальше. Часто употребляемые материалы и инструменты хранят на верхних полках, а все то, что требуется реже,— на нижних. Необходимые для работы мелкие заготовки, если для них нет специальных стеллажей или ящиков, надо складывать в стойки рядами или десятками. Измерительный инструмент необходимо класть отдельно от рабочего инструмента; заготовки — отдельно от готовых деталей.

Примерное расположение предметов в рабочем шкафчике станочника показано на фиг. 7.

На вертикальной доске прикалывается чертеж обрабатываемой детали, а под ним на полочке располагаются необходимые для работы измерительные инструменты. Сверху на шкафчике можно помес-

тить ящик для готовых деталей. Верхняя полка шкафчика служит для хранения различных гаечных ключей; средняя — для напильников, отверток, деревянного или медного молотка, масленки, а нижняя — для приспособлений.

Для грязных тряпок надо иметь отдельный железный ящик с крышкой, чтобы туда не попала горящая спичка или окурок, которые могут вызвать пожар. Чтобы облегчить поддержание порядка на рабочем месте, следует обозначить краской на полках шкафа и на полу линии или надписи с указанием, что именно должно находиться в этом месте.



Фиг. 7. Рабочий шкафчик станочника.

Станочник должен следить за чистотой своего рабочего места и поддерживать его в надлежащем порядке. Состояние рабочего места свидетельствует об уровне производственной культуры рабочего.

Правильная организация рабочего места не решает полностью успеха в работе. Приступая к изготовлению какой-либо детали, надо выбрать не только инструмент, приспособления, режимы обработки, но и продумать, как следует организовать свой труд, чтобы работать производительно и с наименьшей утомляемостью.

Важным условием правильной организации труда является устранение лишних и непроизводительных движений. Работая, надо тщательно следить за своими движениями и уметь отличить необходимые движения от лишних. Устраняя лишние движения, отнимающие хотя бы и ничтожное время, можно ускорить производственный процесс и снизить утомляемость.

§ 6. ШЛИФОВАЛЬНЫЙ КРУГ И ЕГО РАБОТА

Металлические и абразивные инструменты. При изготовлении машин пользуются различными режущими металлическими инструментами: резцами, фрезами, сверлами, развертками и т. п. Эти инструменты отличаются друг от друга назначением, размерами и конструкцией. Токарный или строгальный резец является основой конструкции всех других режущих инструментов, представляющих как бы сочетание двух или нескольких резцов различных форм и размеров. На фиг 8, *а* показана работа токарного резца, снимающего слой металла с заготовки, а на фиг. 8, *б* изображена работа цилиндрической фрезы. Шлифовальный круг можно рассматривать как

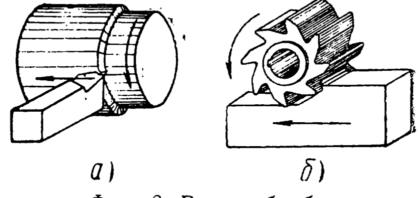
фрезу с весьма большим числом резцов — абразивных зерен, расположенных на рабочей поверхности круга. В отличие от резцов и фрез абразивные зерна изготовлены не из металла, а из естественных или искусственных минералов. Шлифовальный круг также является режущим инструментом.

Характеристика шлифовального круга. Шлифовальные круги весьма различны по своим размерам, форме и свойствам. Их различают по следующим признакам:

а) по виду абразивного материала;

б) по зернистости, т. е. по величине зерна абразивного материала;

в) по связке, т. е. роду вещества, связывающего абразивные зерна;



Фиг. 8. Виды обработки.

г) по твердости, т. е. по силе сопротивления выкрашиванию абразивных зерен из шлифовального круга;

д) по структуре (строению) шлифовального круга;

е) по форме и размерам круга.

Абразивный материал. Абразивный материал представляет собой минерал естественного или искусственного происхождения, раздробленный на зерна определенной величины. К естественным абразивным материалам относятся наждак и корунд, к искусственным — электрокорунд, монокорунд, карбид кремния и др.

Зернистость. Зернистость шлифовальных кругов определяется размером зерен абразивного материала и обычно обозначается номерами от 10 до 320 и дальше от М28 до М5. Чем выше номер зернистости круга, тем меньше размеры зерна. Например, при зернистости № 10 размеры зерен находятся в пределах от 2000 до 2300 *мк* (микрон равен 0,001 *мм*), при зернистости № 320 — размеры зерен от 28 до 42 *мк*.

Связка. Различные вещества, при помощи которых отдельные зерна абразивного материала связываются между собой в шлифовальный круг, называются связками. Связки бывают: керамическая, силикатная, бакелитовая, вулканитовая и др.

Твердость. Под твердостью шлифовального круга понимают не твердость абразивных зерен, а прочность связки. Эта прочность определяется усилием, которое нужно приложить к зерну, чтобы вырвать его из связки. По твердости круги делятся на чрезвычайно твердые, весьма твердые, твердые, среднетвердые, средние, среднемягкие и мягкие.

Структура. Под структурой шлифовального круга понимают его внутреннее строение, т. е. количественное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и пор в массе круга. Поры — это маленькие пустоты в круге. Общий объем пор определяет пористость круга. Структура круга зависит от соотношения объемов пор, связки и зерен. От правильности выбора структуры зависит успех работы круга.

Форма и размер шлифовальных кругов. Шлифовальные круги изготовляются различных форм и размеров. Наибольшее распространение имеют шлифовальные круги, приведенные в табл. 1.

Наибольшее применение находят плоские круги прямого профиля (ПП). Их применяют для:

а) круглого наружного шлифования; диаметры их бывают от 250 до 750 *мм;*

б) круглого внутреннего шлифования (диаметры кругов не более 150 *мм*);

в) плоского шлифования периферией круга (диаметры кругов от 200 до 400 *мм*);

г) заточки инструментов;

д) ручного обдирочного шлифования: обдирки отливок и штампованных заготовок (диаметры кругов от 300 до 600 *мм*).

Особо тонкие круги, называемые в ГОСТ дисками (форма Д), применяются для шлифования глубоких узких пазов и для отрезки материалов. Относительно широкие (100 *мм* и выше) круги с отверстием больше $^3/_5$ наружного диаметра, называемые кольцами (1К), применяются для плоского шлифования торцом круга. Кругами формы ПП, Д и 1К можно выполнить все основные виды шлифования.

§ 7. МАРКИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

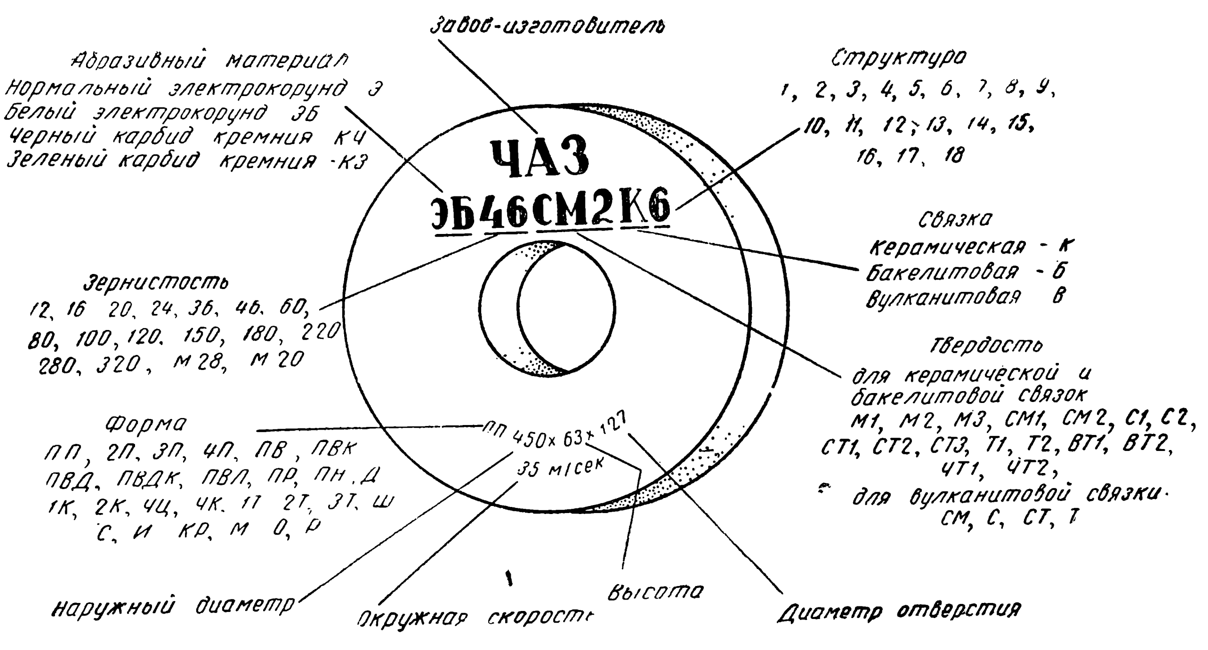
Чтобы правильно выбрать абразивный круг, необходимо знать его характеристику. Эта характеристика наносится на поверхность круга несмываемой краской. На фиг. 9 показан шлифовальный круг с нанесенной на его поверхность характеристикой в виде условных обозначений.

Условные обозначения располагают в определенной последовательности. Они дают полную характеристику шлифовального круга и даже указывают, с какой окружной скоростью безопасно работать этим шлифовальным кругом. Эти условные обозначения по существу представляют паспорт шлифовального круга.

Вот что они обозначают в нашем примере на фигуре:

ЧАЗ — завод-изготовитель — Челябинский абразивный завод;
ЭБ — абразивный материал — белый электрокорунд;
46 — зернистость 46;
СМ2 — степень твердости среднемягкая вторая;
К — связка керамическая;
6 — структура № 6;
ПП — геометрическая форма — круг плоский прямого профиля;
450 — наружный диаметр круга — 450 *мм*;
63 — высота шлифовального круга 63 *мм;*
127 — диаметр отверстия шлифовального круга 127 *мм;*
35 — окружная скорость круга, при которой обеспечивается безопасная работа,— 35 *м/сек.*

Шлифовальный круг второго сорта должен иметь надпись 2С.



Фиг. 9. Маркировка шлифовального круга.

Таблица 1

Шлифовальные круги по ГОСТ 2425—52

Форма шлифовального круга	Наименование шлифовального круга	Условное обозначение формы
	Плоский прямого профиля	ПП
	Плоский с двусторонним конусом 40°	2П
	Плоский с односторонним конусом 30°	4П
	Плоский с выточкой	ПВ
	Плоский с конической выточкой	ПВК
	Плоский с выточкой с двух сторон	ПВД

Таблица 1 (окончание)

Форма шлифовального круга	Наименование шлифовального круга	Условное обозначение формы
	Плоский с выточкой типа ласточкина хвоста	ПВЛ
	Диск	Д
	Кольцо	1К
	Чашка цилиндрическая	ЧЦ
	Чашка коническая	ЧК
	Тарелка	1Т, 2Т, 3Т

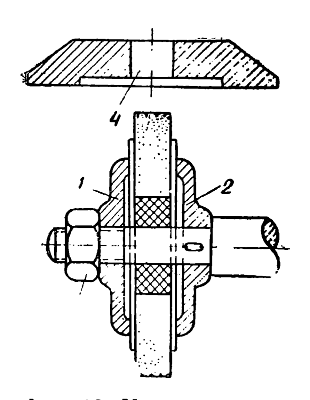
§ 8. ВЫБОР И УСТАНОВКА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Шлифовальный круг следует выбирать для каждого отдельного случая обработки.

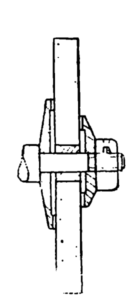
При шлифовании мягких металлов зерна притупляются медленнее, поэтому круг должен быть более твердым, чтобы зерна преждевременно не выкрашивались, а работали до полного их затупления. При обработке более твердых металлов затупление абразивных зерен происходит быстрее и, следовательно, шлифовальный круг должен быть мягче. Таким образом, существует правило: чем мягче материал детали, тем тверже должен быть круг, и наоборот.

Выбор зернистости круга зависит главным образом от величины припуска на размеры детали, заданной чистоты поверхности и точности размеров. Крупное зерно оставляет на обработанной поверхности грубые штрихи. Поэтому для грубого (обдирочного) шлифования следует применять крупнозернистые круги, а отделочные работы и доводку нужно производить мелкозернистыми.

Установка шлифовальных кругов на шпинделе станка должна производиться особенно тщательно. Неточно выверенный и неправильно закрепленный круг может разорваться во время работы и ранить работающего.



Фиг. 10. Установка шлифовального круга на шпиндель станка:
1, 2 — шайбы; *3* — гайка; *4* — отверстие для шпинделя.



Фиг. 11. Неправильный способ крепления круга.

На шпиндель станка круг надевается свободно. Закрепление круга на шпинделе производится при помощи шайб *1* и *2* и гайки *3* (фиг. 10).

Неодинаковые по размеру или погнутые шайбы (фиг. 11) при затягивании гайки создают неравномерное давление на круг, что может привести к его разрушению и аварии. По этой причине нельзя применять шайбы, не обработанные с внутренней стороны или не имеющие выточек. Между шайбами и кругом необходимо ставить упругие прокладки из кожи или резины, обеспечивающие равномерность зажима круга.

§ 9. РЕЖИМ ШЛИФОВАНИЯ

Под режимом круглого наружного шлифования понимают окружную скорость шлифовального круга, поперечную и продольную, а также круговую подачу детали.

Окружная скорость шлифовального круга. Шлифовальные круги вращаются с большой скоростью. Каждая точка на наружной по-

верхности круга перемещается со скоростью от 20 до 60 *м/сек* или от 70 до 220 *км/час*.

Путь, который проходит любая точка на поверхности круга в одну секунду, называется окружной скоростью шлифовального круга. Окружную скорость можно легко определить, если известен диаметр шлифовального круга и число оборотов в минуту.

Чтобы определить окружную скорость шлифовального круга в метрах в секунду, нужно длину его окружности умножить на число оборотов круга в минуту, а произведение разделить на 60 и 1000, чтобы результат выразился в нужном нам измерении.

Сказанное можно выразить формулой:

$$v_к = \frac{\pi D n}{60 \quad 1000} \ м/сек,$$

где $v_к$ — окружная скорость круга в метрах в секунду (*м/сек*);
D — диаметр круга в миллиметрах (*мм*);
n — число оборотов круга в минуту (об/мин).

Пример. Требуется определить окружную скорость круга диаметром 600 *мм*, если число его оборотов в минуту 1200; $\pi = 3{,}14$:

$$v_к = \frac{3{,}14 \quad 600 \quad 1200}{60 \cdot 1000} = 37{,}68 \ м/сек.$$

Окружная скорость детали. Эта скорость, называемая иначе круговой подачей, значительно меньше окружной скорости круга. Определяют ее по формуле:

$$v_д = \frac{\pi d n_д}{1000} = м/мин,$$

где d — диаметр детали в *мм;*
$n_д$ — число оборотов детали в минуту.

В знаменателе этой формулы нет числа 60, так как окружная скорость детали измеряется метрами в минуту, а не в секунду.

Окружная скорость детали при круглом шлифовании зависит от принятых продольных и поперечных подач, а также от диаметра шлифуемой детали.

Глубина шлифования. Величина поперечного перемещения шлифовального круга по направлению к обрабатываемой детали в конце каждого прохода при круглом шлифовании называется глубиной шлифования, или поперечной подачей. Глубина шлифования, или толщина слоя металла, снимаемого за один проход шлифовального круга, при круглом шлифовании колеблется в пределах от 0,005 до 0,08 *мм.*

Продольная подача. Продольной подачей при круглом шлифовании называется пройденный путь деталью (или кругом) за время одного оборота шлифуемой детали. Величина продольной подачи при круглом шлифовании зависит от вида шлифования: при черновом шлифовании деталей, изготовленных из любых материалов, диамет-

ром меньше 20 *мм*, подача принимается от 0,3 до 0,5 *H*; при черновом шлифовании деталей большего диаметра доходит для деталей из закаленной стали до 0,7 *H*; для деталей из незакаленной стали до 0,75 *H* и для деталей из чугуна до 0,85 *H*; при чистовом шлифовании подача составляет от 0,2 до 0,3 *H*, независимо от материала и диаметра детали.

Все сказанное относительно продольной подачи при круглом шлифовании относится также и к плоскому шлифованию.

§ 10. ОХЛАЖДЕНИЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Роль и способ охлаждения. Нам уже известно, что при шлифовании происходит сильное теплообразование. Для поглощения большого количества тепла необходимо применять обильное охлаждение, преимущественно в виде прозрачных растворов, не затрудняющих наблюдения за ходом процесса. Особенно важное значение приобретает охлаждение при окончательном шлифовании, так как создает условия для более точных измерений обрабатываемой детали. Температура измеряемой детали должна быть близка к температуре измеряющего инструмента.

Следует указать, что чем больше поверхность соприкосновения детали с шлифовальным кругом и чем тверже обрабатываемый материал, тем большее количество охлаждающей жидкости должно быть подведено в зону шлифования. Чугун и медное литье можно шлифовать без охлаждения. Охлаждающая жидкость должна подаваться на всю ширину шлифовального круга равномерно, в противном случае на поверхности детали получаются царапины.

Во всех случаях работы без охлаждения необходимо применять пылесосы, удаляющие абразивную пыль.

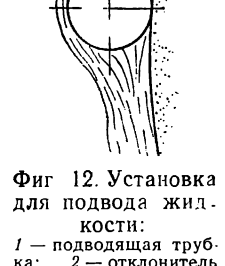
Способ подведения охлаждающей жидкости также играет существенную роль. Если скос трубки, подводящей охлаждающую жидкость, обращен в сторону шлифовального круга, то струя будет отклоняться в противоположную сторону и разбрасываться деталью во все стороны.

Лучшим средством против разбрызгивания охлаждающей жидкости является заслонка — отклонитель струи, которая одновременно служит и для изменения количества подаваемой жидкости (фиг. 12). Эта заслонка направляет струю в то место, где она больше всего требуется. Выходное отверстие и заслонка должны иметь такие размеры, чтобы струя покрывала всю ширину шлифовального круга.

Состав охлаждающей жидкости. Охлаждающие жидкости, применяемые при шлифовании, не должны иметь ядовитых примесей, вызывающих накожные заболевания у рабочих. Они также не должны разъедать металл и краску, в противном случае будут портить станок и поверхность обрабатываемой детали. Назначение этих жидкостей состоит не только в поглощении выделяющегося тепла, но и в уменьшении трения между шлифовальным кругом и деталей, что позволяет дольше сохранить работоспособность круга и получить более высокую степень чистоты обработанной поверхности. Следует

отметить, что при излишнем количестве смазывающих веществ в охлаждающей жидкости круг может засаливаться.

Широко распространена в качестве охлаждающей жидкости вода с добавкой 2% кальцинированной соды и небольшого количества мыла. Этот раствор можно применять при шлифовании почти всех металлов и сплавов, за исключением таких металлов, как алюминий, магний и их сплавы. Но смазывающее действие этого раствора незначительно. Кроме того, присутствие соды вредно влияет на окраску станков и смазку подшипников. Чтобы придать этой охлаждающей жидкости большие смазывающие свойства и уменьшить ее разъедающее действие, к содовому раствору добавляют 0,5—1% машинного или сурепного масла или же скипидара.



Фиг 12. Установка для подвода жидкости:
1 — подводящая трубка; 2 — отклонитель струи.

Чистовая обработка алюминия производится с охлаждением смесью керосина с таким же количеством веретенного масла. Следует отметить, что эта смесь очень пожароопасна.

Хорошие результаты при шлифовании алюминия также обеспечиваются следующими жидкостями:

а) 1%-ная эмульсия из эмульсола;

б) легкое минеральное масло;

в) эмульсия, состоящая из 15% эмульсола, 5% сульфофрезола, 5% скипидара, 75% воды.

Предварительное шлифование чугуна производится с охлаждением содовым раствором. Никель шлифуется без охлаждения.

Работая с охлаждением, можно применять более твердые круги, чем без охлаждения. При внутреннем и плоском шлифовании требуется усиленное охлаждение.

В современных шлифовальных станках устанавливаются очень мощные насосы, позволяющие подводить смазочно-охлаждающую жидкость непосредственно в зону шлифования сквозь поры шлифовального круга с использованием центробежных сил вращения круга. С этой целью жидкость подводится в отверстие шпинделя. При таком охлаждении уменьшается температура детали не только за счет лучшего подвода жидкости, но и за счет меньшего трения шлифовального круга о поверхность резания. Подачу эмульсии сквозь поры круга производят только при работе кругами на керамической связке.

§ 11. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Защита подвижных частей. Все движущиеся части станков должны быть закрыты. Шкивы, приводные ремни и зубчатые колеса на высоте 2 *м* от пола следует оградить металлической сеткой, как указано на фиг. 13.

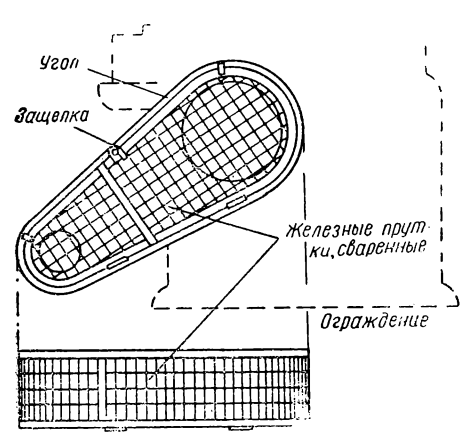
На станках с автоматическим переключением подач упорами следует устанавливать щитки, закрывающие рычаги переключения. Та-

кие ограждения исключают возможность прищемления рук шлифовщика упором во время наблюдения за работой станка.

На больших круглошлифовальных станках устанавливают зеркало, которое позволяет шлифовщику наблюдать за ходом процесса шлифования не нагибаясь.

Соблюдение установленных правил работы. Несоблюдение установленных правил работы также может привести к несчастным случаям. Так, измерение деталей на ходу станка представляет большую опасность для рабочего.

Для предупреждения ранений глаз отлетающими частицами металла или абразивными зернами необходимо носить предохранительные очки, устанавливать у станков подвижные щитки, избегать сухого шлифования и пользоваться устройствами для принудительного отсасывания пыли. Править круги необходимо только специальным приспособлением, иначе правящий инструмент может вырваться из рук и, заклинившись между станком и шлифовальным кругом, вызвать разрыв последнего. Подводить деталь к шлифовальному кругу или, наоборот, шлифовальный круг к детали нужно осторожно, без ударов, так как это может вызвать разрыв круга. В особенности это важно при работе торцом круга.



Фиг. 13. Ограждение движущихся частей станка.

Несоблюдение установленного режима шлифования, т. е. окружной скорости шлифовального круга, величин всех подач, неправильный выбор характеристики шлифовального круга также может служить причиной аварии.

Прежде чем начать работу, шлифовщик обязан проверить, надежно ли закреплена деталь в упорных центрах, на оправке, в магнитном патроне или на магнитной плите. Если, например, деталь установлена на загрязненную поверхность магнитной плиты или по оплошности не включен в нее ток, то деталь будет немедленно сорвана при подводе шлифовального круга. Подобно этому, если упорный центр задней бабки не вошел плотно в центровое отверстие детали, она также будет сорвана со своего места.

При включении продольной подачи следует проверить установку и закрепление упоров, переключающих направление хода стола. После включения автоматической подачи незакрепленный упор отодвинется и переключения не произойдет. Тогда шлифовальный круг врежется в торцовую поверхность детали или в поводок и разорвется.

Электробезопасность шлифовщика. Шлифовальные станки оснащены несколькими электродвигателями. Поэтому шлифовщик дол-

жен хорошо уметь пользоваться электроаппаратурой управления: кнопочной станцией, магнитным пускателем, рубильником, пакетным выключателем и т. д. Неумелое обращение с этими устройствами приводит к несчастным случаям. Так, например, прикосновение к незащищенной или плохо защищенной силовой электрической цепи электродвигателя и пусковой электроаппаратуре весьма опасно. В самом деле, их напряжение не менее 220 *в*, а смертельные случаи возможны даже и при меньшем напряжении и сравнительно небольшой силе тока. Сила тока более 0,05 *а* уже опасна для жизни человека, а ток более 0,1 *а* может быть смертельным.

Особенно опасно одновременное прикосновение к двум проводам даже изолированным, так как изоляция может оказаться поврежденной. Вследствие повреждений или плохого качества изоляции, а также небрежного, выполнения соединений станок и электроаппаратура могут оказаться под напряжением и привести к несчастному случаю.

В связи с этим не следует открывать и касаться неизолированными предметами электроустройств и электрооборудования, назначение которых неизвестно или пользование ими не поручалось рабочему. Пользоваться рубильниками, выключателями и пусковыми кнопками следует только в том случае, если это входит в прямую обязанность шлифовщика. Нельзя работать вблизи открытых токоведущих частей без устройства хотя бы временных ограждений. Переносными электролампами можно пользоваться только низкого напряжения (не свыше 36 *в*). Чтобы не допустить поражения рабочего электрическим током, станок нужно заземлить.

Никогда не следует проходить мимо любой неисправности. Об искрении, вспышке в электрических устройствах или повреждении изоляции необходимо немедленно сообщить мастеру или дежурному электромонтеру.

Правила безопасной работы. Для безопасной работы шлифовщику необходимо:

1) хорошо знать свойства шлифовального круга и обращаться с ним осторожно;

2) в совершенстве знать устройство всех механизмов станка;

3) безошибочно усвоить порядок и приемы включения и выключения механизмов станка;

4) строго соблюдать установленные режимы работы;

5) быть внимательным и своевременно замечать малейшие неполадки в работе станка;

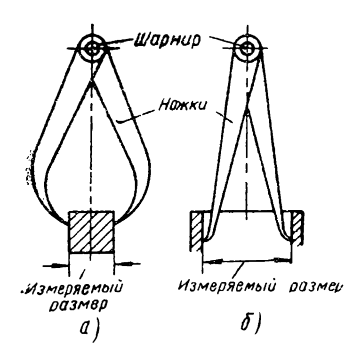
6) строго соблюдать все правила техники безопасности, не допускать неосторожного обращения со станком, не уходить от работающего станка.

Для предохранения работающего от увечий при разрыве шлифовального круга последний закрывают специальным предохранительным кожухом. В передней части этого кожуха имеется вырез для подвода круга к детали. Без кожуха работать на станке не разрешается. Начиная работу, необходимо включить станок и только после разгона шлифовального круга можно приступить к работе.

§ 12. ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ШЛИФОВЩИКА

Для измерений при шлифовании применяются различные измерительные инструменты. Среди них наиболее простые по своей конструкции металлические измерительные линейки, кронциркули, нутромеры, штангенциркули, микрометры и угольники.

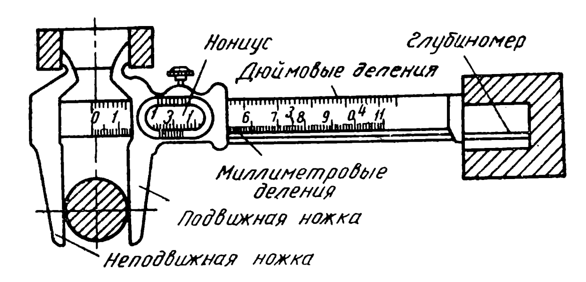
Металлические измерительные линейки. Измерительная линейка представляет собой простейший и наименее точный измерительный инструмент для измерения длины. Наименьшее деление на ее шкале равно 1 *мм*. На некоторых линейках наименьшее деление равно 0,5 *мм*. Длина жестких линеек обычно равна от 100 до 1000 *мм*, а упругих — от 150 до 300 *мм*.



Фиг. 14. Кронциркуль (*а*) и нутромер (*б*).

Кронциркуль и нутромер. Кронциркуль (фиг. 14, *а*) служит для измерения наружных размеров, а нутромер (фиг. 14, *б*) — для измерения внутренних размеров. Оба инструмента состоят из двух стальных ножек, соединенных шарниром. Шарнир должен быть точно пригнан, чтобы ножки раздвигались достаточно туго. Регулировать раствор ножек можно от руки. Точность, которую получают при измерении кронциркулем или нутромером, зависит от состояния инструмента и опытности рабочего. Опытный рабочий может этим инструментом измерить размер с точностью до 0,25 *мм*.

Штангенциркуль. Для более точных измерений служат штангенциркули. Штангенциркуль облегченного типа с ценой деления 0,1 *мм* (фиг. 15) состоит из стальной штанги с миллиметровыми делениями. На конце штанги имеется неподвижная губка. Подвижная губка с рамкой может передвигаться вдоль штанги и закрепляться на ней винтом. В рамке подвижной губки имеется окно, на скошенной кромке которого нанесены деления, называемые нониусом. В данном случае нониус имеет 10 равных делений. Расстояние между его крайними делениями составляет 9 *мм* (фиг. 16). Поэтому и каждое деление нониуса равно 0,9 *мм*.



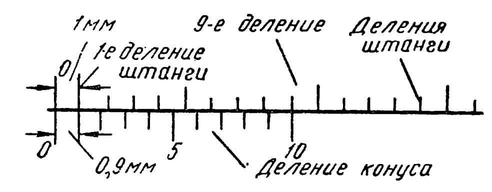
Фиг. 15. Штангенциркуль с точностью отсчета 0,1 *мм*.

Если губки штангенциркуля плотно сдвинуты одна к другой, то первый штрих нониуса, называемый нулевым делением, совпадает с

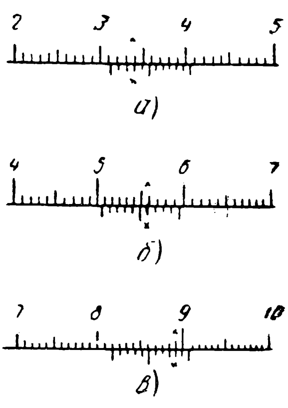
первым штрихом или нулевым делением штанги, а десятое деление нониуса совпадает с ее девятым делением. Разность между первыми делениями штанги и нониуса будет равна: 1 *мм* — 0,9 *мм* = 0,1 *мм*. Поэтому, если подвижную губку сдвинуть вправо, чтобы первое деление (а не нулевое) нониуса совпало с первым делением штанги, то расстояние между губками будет равно одной десятой доли миллиметра (0,1 *мм*). При совпадении второго деления нониуса со вторым делением штанги расстояние между губками окажется равным 0,2 *мм* и т. д.

Итак, расстояние между губками штангенциркуля будет равно 15 *мм,* если нулевое деление нониуса совпадает с пятнадцатым делением штанги. Сдвинув подвижную губку дальше вправо так, чтобы третье деление нониуса совпало со следующим ближайшим делением штанги, получим расстояние между губками, равное 15,3 *мм*.

Таким образом, чтобы установить штангенциркуль на заданный размер, нужно подвижную губку сдвигать вправо до совпадения нулевого деления нониуса с делением на линейке, указывающим заданное число целых миллиметров. Затем переместить губку вправо до тех пор, пока деление нониуса, соответствующее нужному числу десятых долей миллиметра, не совпадет с каким-нибудь ближайшим делением на штанге. Пример установки штангенциркуля на размер 31,3 *мм* показан на фиг. 17, *а*; на размер 50,6 *мм* — на фиг. 17, *б*; на размер 81,8 *мм* — на фиг. 17, *в*.



Фиг. 16. Нониус штангенциркуля.



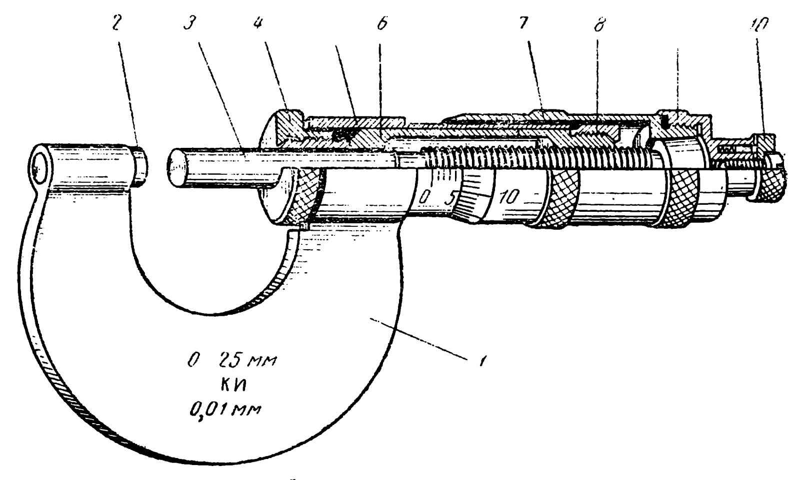
Фиг. 17. Примеры отсчета по нониусу:
а — 31,3 *мм*; *б* — 50,6 *мм*; *в* — 81,8 *мм*.

Описанный штангенциркуль приспособлен для измерения не только наружных, но и внутренних размеров. Им можно также измерять глубину отверстий и уступов. Для этой цели служит стержень, прикрепленный к подвижной губке.

Микрометр. Микрометр (фиг. 18) завода «Красный инструментальщик» устроен следующим образом. В левом конце скобы *1* запрессована пятка *2*. В другой ее конец вставлена гильза *5,* внутри которой находится направляющая втулка *6* с внутренней резьбой. На правый конец стебля *6,* где имеется коническая резьба, навертывается регулировочная гайка *8*. Посредством этой гайки достигается плавное перемещение шпинделя с микрометрическим винтом *3* в на-

правляющей стебля *6*. Гильза *5* охватывается барабаном *7*, соединенным со шпинделем *3* посредством колпачка *9*. При вращении шпиндель перемещается до тех пор, пока левый конец его не коснется поверхности измеряемой детали. Другой противоположной стороной деталь прижата к пятке *2*.

В колпачке *9* имеется отверстие, где расположен заостренный штифт, который под действием пружины прижимается к зубьям на торцовой поверхности шайбы *10*. Это устройство, называемое трещоткой, обеспечивает прекращение подачи шпинделя, как только усилие, с которым оно прижимается к детали, достигнет определенной величины. В этот момент заостренный конец штифта будет проскакивать по зубьям трещотки. Гайка *4*, навинчиваясь на надрезанный конец направляющей втулки *6*, закрепляет шпиндель микрометра в выбранном положении.



Фиг. 18. Микрометр:

1 — скоба; *2* — пятка; *3* — шпиндель с микрометрическим винтом; *4* стопорная гайка; *5* — гильза; *6* — направляющая втулка с разрезной гайкой микрометрического винта; *7* — барабан; *8* — регулировочная гайка; *9* — колпачок; *10* — шайбы трещотки.

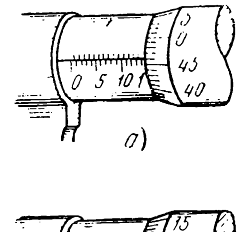
Левый конец барабана *7* сточен на конус, и на поверхности этого конуса нанесено 50 делений. Шаг микрометрического винта равен 0,5 *мм*. При одном обороте барабана шпиндель переместится на 0,5 *мм*, следовательно, при повороте барабана на одно деление шкалы, т. е. на $^1/_{50}$ часть оборота, шпиндель переместится на 0,01 *мм* (0,5 : 50 = 0,01).

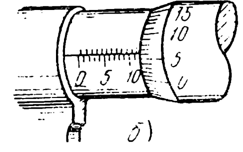
Микрометр, показанный на фиг. 18, служит для измерения размеров деталей от 0 до 25 *мм*. Микрометры изготовляются и больших размеров: пределами измерений от 25 до 50 *мм*, от 50 до 75 *мм* и т. д. до 1000 *мм*.

На фиг. 19 приведены два примера отсчетов по шкалам микрометра. В случае, изображенном на фиг. 19, *а*, на стебле микрометра деления показывают 14,5 *мм*. Но так как скошенная кромка бараба-

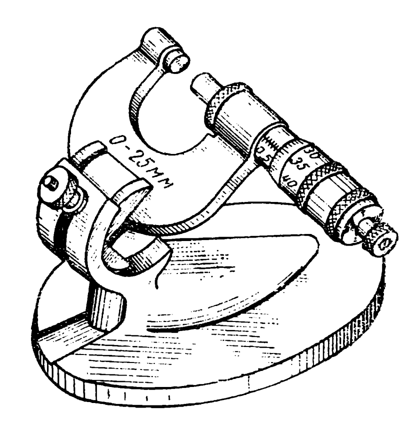
на заходит за данное деление и против продольной черты стебля стоит 46-е деление шкалы барабана, то сумма обоих отсчетов будет равна: 14,5 + 0,46 = 14,96 *мм*. В случае, показанном на фиг. 19, *б*, кромка барабана заходит за 12-е деление, и против продольной черты стебля расположено шестое деление барабана. Сумма обоих отсчетов будет: 12 + 0,06 = 12,06 *мм*.

Чтобы избежать ошибки, вызываемой чрезмерно сильным завинчиванием микрометрического винта, следует вращать не барабан *7*, а шайбу трещотки *10* (см. фиг. 18). При этом автоматически прекращается перемещение шпинделя, как только его измерительная плоскость коснется измеряемого предмета.





Фиг. 19. Примеры отсчета по микрометру: *а* — 14,96 *мм*; *б* — 12,06 *мм*.



Фиг 20. Стойка для микрометра.

При измерении мелких деталей микрометр берут в правую руку и мизинцем или безымянным пальцем поддерживают изнутри его скобу, слегка прижимая ее к ладони. Измеряемый предмет удерживают в левой руке. Большим и указательным пальцами правой руки вращают барабан микрометра до прилегания. Более крупные предметы при их измерении устанавливаются на столе. Микрометр держат в левой руке, а пальцами правой руки вращают барабан.

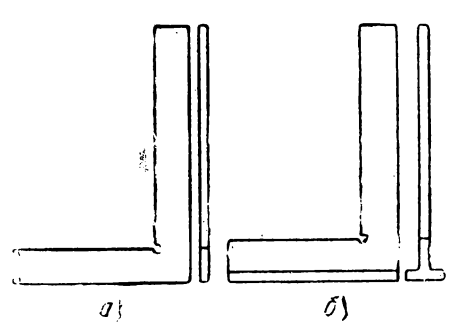
Для удобства пользования микрометром при массовой проверке деталей применяют специальные стойки (фиг. 20), на которых укрепляют микрометр в любом положении.

Микрометр весьма точный инструмент и с ним обращаться необходимо аккуратно. Резьба его микрометрического винта нарезана с большой точностью; при небрежном обращении с микрометром ее легко растянуть или сорвать. Микрометр применяют только при измерении начисто обработанных поверхностей; необработанные или грубо обработанные поверхности измерять микрометрами не разрешается. При вращении микрометрического винта его измерительную поверхность следует подводить осторожно, чтобы не сорвать резьбу микрометрического винта.

Микрометр не следует долго держать в руках, так как при этом он быстро нагревается и результаты измерения получаются неточными. Производя измерение деталей, необходимо следить за тем, чтобы поверхности их были чистыми. Нельзя измерять поверхности, покрытые наждачной пылью, так как измерительные плоскости микрометрического винта и пятки микрометра быстро изнашиваются и показания инструмента становятся неверными.

Если будет обнаружена какая-либо неисправность микрометра, то работающий не должен производить разборку и ремонт собственными силами. Ремонт, чистка и регулировка микрометров должны производиться специалистами-инструментальщиками.

После работы инструмент нужно насухо вытереть и затем смазать бескислотным маслом (при редком применении — вазелином), тормозное приспособление отпустить, измерительные поверхности отделить друг от друга и уложить в футляр. При длительном хранении микрометр перед смазкой нужно промыть чистым авиационным бензином и насухо протереть чистой тряпкой. Перед работой измерительные поверхности инструмента должны быть насухо протерты.



Фиг. 21. Угольники: *а* — нормальный; *б* — с полкой

Угольники. В машиностроении встречаются, главным образом, углы между пересекающимися плоскостями, равные 120, 90, 60 и 45°. Углы в 90°, называемые прямыми, распространены наиболее часто.

Для проверки прямых углов применяются угольники (фиг. 21, *а*). Иногда для создания устойчивости угольника на горизонтальной плоскости его делают с полкой у основания (фиг. 21, *б*). Чтобы проверить углы, угольник прикладывают к плоскостям детали и по величине просвета судят о правильности этих углов. Во избежание возможных ошибок необходимо следить за тем, чтобы угольник устанавливался плотно к плоскостям, которые образуют проверяемый угол. Угольники изготовляют обычно из стали; после предварительной подгонки их закаливают, а затем доводят.

§ 13. ПОНЯТИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Технологическим процессом обработки называют последовательное превращение заготовки в готовую деталь путем последовательного изменения ее размеров, формы, а часто и физических свойств. Изменение размеров и формы заготовки происходит во время механической (например, шлифование) или слесарной обработки, а их физические свойства изменяются во время термической обработки

(закалка, отпуск и т. п.). Очень часто одна и та же деталь проходит и механическую, и термическую обработку.

Технологический процесс обработки до превращения заготовки в готовую деталь может состоять из одной или нескольких операций. Любой технологический процесс складывается из следующих основных элементов: операция, установка, переход и проход.

Операция. Операцией называется часть технологического процесса, осуществляемая на одном рабочем месте, одним рабочим или же одной бригадой рабочих, В качестве примера шлифовальной операции можно привести операцию шлифования вала. Во время этой операции шлифуется вал в центрах. Однако та часть вала, на конце которой надет хомутик, не может быть прошлифована. Поэтому приходится вал переставлять, чтобы прошлифовать то его место, которое было занято хомутиком. Шлифование вала, выполняемое сначала на его одном конце, а потом на другом, если оно производится на одном и том же рабочем месте, будет одной и той же операцией.

Установка. Установка есть часть технологической операции, выполняемая при одном закреплении детали.

В рассмотренном примере вал шлифовался в две установки. Во время первой установки шлифовался вал до хомутика. Затем вал перевертывался и менялось положение хомутика. Во время второй установки шлифовался тот конец вала, на котором ранее находился хомутик.

Чаще всего валы шлифуются с одной установки.

Переход. Переходом называется часть операции, при которой обрабатывается одна или несколько поверхностей (в случае применения комбинированного инструмента) при неизменном инструменте и режиме резания. Таким образом, перемещение шлифовального круга на другую поверхность обработки, изменение режима резания создают отдельные переходы. Например, первый переход — прошлифовать грубо по наружному диаметру; второй переход — прошлифовать начисто по наружному диаметру.

Проход. Проходом называется часть перехода, в течение которого снимается один слой металла. Переход делят на проходы в тех случаях, когда с одного раза нельзя снять весь слой металла, подлежащий удалению в данном переходе.

Для того чтобы получить готовую деталь любой сложности, нужно разработать технологический процесс ее изготовления. В технологическом процессе устанавливаются размеры и форма заготовок, последовательность операций, припуски и допуски, а также применяемые оборудование, приспособления, инструмент и режимы обработки.

Понятие о базах. При проектировании технологического процесса весьма важно правильно выбрать те поверхности, по которым должна производиться установка заготовок по отношению к режущему инструменту. Заготовки могут устанавливаться в центрах, патроне, приспособлении и т. д. Поверхности, по которым производится такая установка, называются установочными базовыми поверхностями или, сокращенно, установочными базами.

Установочные базы делятся на основные и вспомогательные.

Основные базы. Основной, или конструктивной, базой называется такая поверхность, которая используется как для установки детали во время ее обработки, так и для ее соединения при сборке с другой деталью. Так, например, центральное отверстие зубчатого колеса является основной базой: эта поверхность служит для его посадки на вал и базой для его установки на шлифовальную оправку.

Вспомогательные базы. Вспомогательной базой называется поверхность, принятая в качестве установочной базы, но которая не сопрягается с другой деталью и не оказывает влияния на ее работу в машине. Например, для шлифования вал устанавливается в упорных центрах станка. Для этого в торцах вала сверлят центровые отверстия, которые не нужны для его дальнейшей работы и поэтому являются вспомогательной базой. Вспомогательные базы иногда называют технологическими.

Правила выбора баз. Наибольшей точности детали можно достигнуть в том случае, когда весь процесс обработки ведется от одной базы и с одной установки, так как возможные смещения детали при каждой новой установке вносят ошибки во взаимное расположение осей и поверхностей этой детали.

В большинстве случаев закончить обработку детали на одном станке невозможно и приходится продолжать ее на других станках. Поэтому необходимо все дальнейшие операции и установки производить на одну и ту же базу. В этом состоит правило постоянства баз. Отсюда обработку заготовки следует начинать с той поверхности, которая будет служить установочной базой для дальнейших операций.

Базовая поверхность по своим размерам должна обеспечивать надежное и прочное крепление детали, при котором она не изменит своего положения во время обработки.

Этапы технологического процесса. Технологический процесс обработки отдельных деталей машины есть только часть общего производственного процесса изготовления всего изделия (машины).

Поэтому технологический процесс состоит из следующих этапов:

а) заготовительных операций — отливки, ковки, штамповки или отрезки заготовок из проката;

б) обработки заготовок на металлорежущих станках, где им придаются необходимые форма и размеры;

в) слесарной обработки и подгонки деталей по месту; данный этап обработки при массовом производстве отсутствует, так как в этом случае достигается полная взаимозаменяемость деталей уже при механической обработке;

г) сборки узлов и комплектов;

д) окончательной сборки всей машины.

Последовательность обработки деталей. Выбор способа обработки зависит от очень многих условий: количества обрабатываемых деталей, вида заготовки, наличия того или иного станка, приспособлений и режущего инструмента, квалификации рабочих и т. д. Показателями правильности выбранного способа обработки являются время изготовления и стоимость обработки детали.

Операции технологического процесса имеют следующую последовательность: вначале выполняется черновая обработка, при которой снимается большая часть припуска, а затем производится чистовая обработка, при которой достигаются необходимая точность размеров и чистота обработанной поверхности. Однако в ряде случаев такой обработки оказывается недостаточно и применяют еще отделочную обработку в виде шлифования, доводки и полирования.

Технологическая карта механической обработки. Основным документом, в котором записан технологический процесс, является технологическая карта.

В карте механической обработки указываются:

а) данные о заготовке — материал, способ получения, технические условия (размеры, вес и т. д.);

б) последовательность обработки с перечислением всех операций установок, переходов и проходов;

в) необходимое оборудование для выполнения намеченных операций с данными о его типе и размерах;

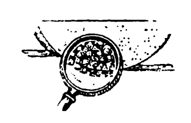
г) технологическая оснастка, необходимая для выполнения операции (приспособления, режущий и измерительный инструмент);

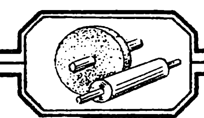
д) расчетные размеры обрабатываемых поверхностей (длина, диаметр и т. п.) и принятые режимы резания;

е) норма времени для каждой операции;

ж) методы технического контроля.

Операционная карта механической обработки. Операционная карта отличается от технологической тем, что она составляется не на обработку всей детали в целом, а только на одну операцию. Поэтому все записи в ней более подробны и снабжаются пооперационными эскизами. Такая операционная карта дает возможность рабочему подробно ознакомиться с предстоящей работой.





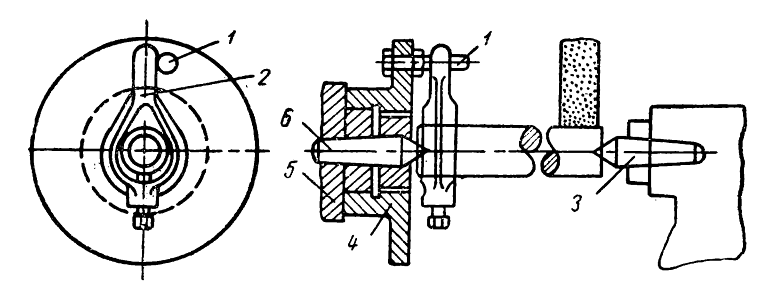
ГЛАВА III

ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКЕ

Шлифование наружных цилиндрических поверхностей производится на круглошлифовальных станках.

Наиболее распространен способ шлифования в центрах (фиг. 22). При таком способе обработки передний центр *6* вставляется в отверстие *5* передней бабки шлифовального станка и остается неподвижным при шлифовании. Задний центр *3* помещается в отверстие задней бабки и также неподвижен во время работы.



Фиг. 22. Установка в упорных центрах шлифовального станка:
1 — поводковый палец; *2* — хомутик; *3* — задний упорный центр; *4* — поводковый патрон; *5* — шпиндель станка; *6* — передний упорный центр.

Упорные центры. Упорные центры имеют конический хвостовик, который легко входит и вынимается из конических отверстий передней и задней бабки. Рабочий конец центра затачивается на конус с углом при вершине, равным 60°. Этот конец входит в центровые отверстия на торцах шлифуемой детали и поддерживает ее во время работы. Размеры применяемых центров зависят от величины станка и различаются по номерам.

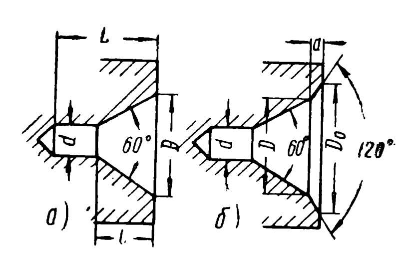
Центровые отверстия. Чтобы закрепить деталь между упорными центрами, на ее торцах делаются центровые отверстия. На фиг. 23 указаны два различных вида подобных отверстий, а в табл. 2 приведены их размеры.

Таблица 2

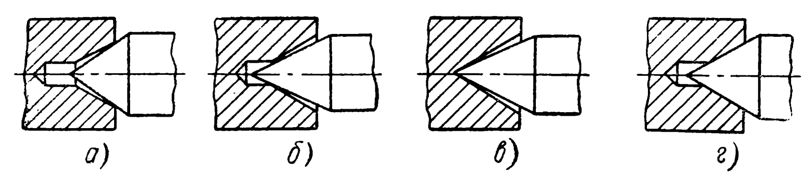
Размеры центровых отверстий (из ОСТ 3725)
(к фиг. 23)

Размеры центровых углублений в *мм*					
d	*D* (не более)	*L*	*l* (не менее)		D_0
0,5	1,0	1,0	0,5	0,2	2,0
0,7	2,0	2,0	1,0	0,3	3,5
1,0	2,5	2,5	1,2	0,4	4,0
1,5	4,0	4,0	1,8	0,6	6,5
2,0	5,0	5,0	2,4	0,8	8,0
2,5	6,0	6,0	3,0	0,8	10,0
3,0	7,5	7,5	3,6	1,0	12,0
4,0	10,0	10,0	4,8	1,2	15,0
5,0	12,5	12,5	6,0	1,5	20,0
6,0	15,0	15,0	7,2	1,8	25,0
8,0	20,0	20,0	9,6	2,0	30,0
12,0	20,0	30,0	14,0	2,5	42,0

Большинство ошибок в форме детали при обработке в упорных центрах происходит по причине неправильного выполнения центровых отверстий. Фиг. 24 дает представление об их правильном и неправильном выполнении. На фиг. 24, *а, б* и *в* показаны центровые отверстия, которые выполнены неправильно. Первые два не дают нужного прилегания конической поверхности центрового отверстия к соответствующей поверхности центра. В третьем отверстии нет дополнительного цилиндрического углубления и поэтому вершина упорного центра упирается в вершину центрового отверстия. Во всех трех случаях деталь будет покачиваться при шлифовании, что приведет к браку. Правильно сделанное центровое отверстие показано на фиг. 24, *г*.



Фиг. 23. Формы центровых отверстий
а — без предохранительного конуса; *б* — с предохранительным конусом.



Фиг. 24. Центровые отверстия:
а, б, в — неправильные; *г* — правильные.

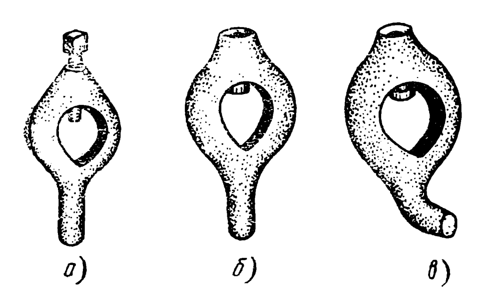
Перед установкой детали на станке центровые отверстия должны быть хорошо очищены от грязи и смазаны солидолом для уменьше-

ния трения, являющегося причиной нагревания центра. При большей скорости вращения нагревание центра бывает настолько сильным, что даже портит его и делает непригодным для дальнейшей работы.

В современных шлифовальных станках упорный центр задней бабки прижимается пружиной, сила нажатия которой регулируется. При таком устройстве деталь находится в центрах под постоянным давлением. Это уменьшает дрожание детали, которое имеет место при жестком положении заднего центра. В процессе шлифования деталь нагревается и поэтому несколько удлиняется, заставляя задний центр отходить вдоль своей оси. Благодаря этому шлифуемая деталь не будет искривляться.

Деталь, находясь на неподвижном центре, получает вращение от шпинделя передней бабки при помощи поводкового патрона и хомутика.

Поводковый патрон (см. фиг. 22) представляет собой диск, поводковый палец *4* которого во время движения станка захватывает хомутик *2* и заставляет его вращаться на неподвижном центре вместе с закрепленной в нем деталью. В передней бабке помещен шпиндель *5*.



Фиг. 25. Поводковые хомутики:
а — с выступающим болтом; *б* — с углублением для ключа; *в* — с отогнутым концом.

Хомутики. Хомутик (фиг 25, *а*) закрепляется на детали винтом с квадратной или шестигранной головкой. Применять такие хомутики не следует, как как выступающая головка винта может захватить одежду работающего и привести к травме. На фиг 25, *б* изображен хомутик с зажимным винтом, утопающим в теле хомутика. Вместо головки у такого винта имеется квадратное углубление для завинчивания ключом.

На фиг. 25, *в* представлена третья, наиболее безопасная конструкция хомутика с отогнутым концом, входящим в специальный вырез поводкового патрона.

Поводковые устройства. Эти устройства используются для приведения детали во вращательное движение. Отметим, что подобные устройства передних бабок в большинстве станков вращаются вокруг неподвижной втулки с закрепленным в ней упорным центром. Это позволяет повысить точность шлифования. Простейшее поводковое устройство (патрон) уже известно читателю. В целях уменьшения затрат вспомогательного времени на закрепление детали применяются и некоторые другие конструкции поводковых устройств (фиг. 26).

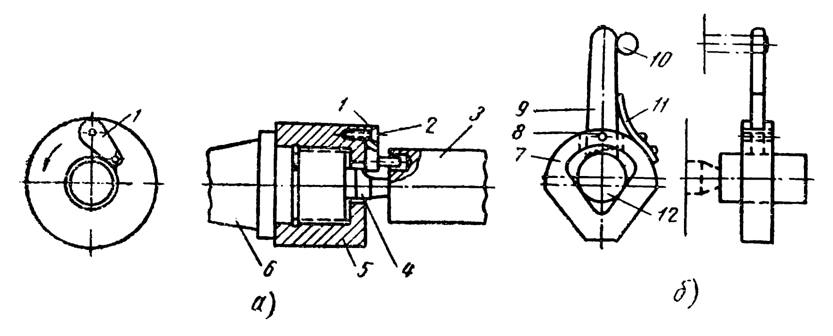
Торцовый поводок (фиг. 26, *а*) в отличие от обычной конструкции поводкового патрона, позволяет:

1) шлифовать деталь с одной установки;

2) исключает потери времени на двукратную установку хомутика.

Корпус *5* такого поводка навинчивается на шпиндель *6* передней бабки. Закрепленный винтом *2* качающийся палец *1* входит в вспомогательное отверстие вала *3* и передает ему вращение. Передний упорный центр *4* срезан. Однако пользоваться этим приспособлением можно только для деталей, имеющих диаметр не менее 40—45 *мм*. Кроме того, применение этого поводкового устройства может привести к искажению круглой формы детали.

Самозажимной хомутик показан на фиг. 26, *б*. В его корпусе *7* на оси *8* может повертываться кулачок *9*, который с помощью плоской пружины *11* прижимается своей насеченной поверхностью к поверхности детали. Палец *10* поводковой планшайбы давит на хвост



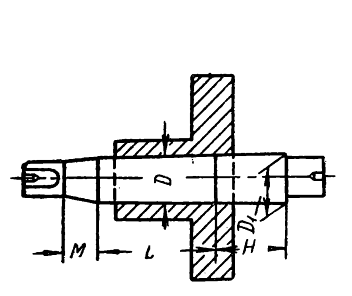
Фиг 26. Поводковые устройства.
торцовый поводок; *б* — самозажимной хомутик

кулачка *9* и таким образом заклинивает деталь *12*. Установка самозажимного хомутика занимает меньше времени, чем хомутик обычный.

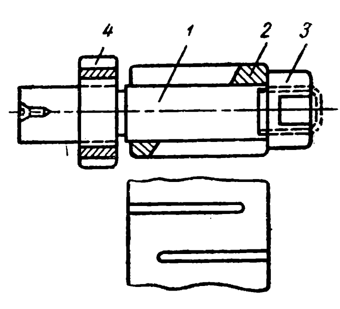
Шлифовальные оправки. Детали, имеющие большие отверстия, концентричные обрабатываемой поверхности, шлифуются на оправках. Оправки, как правило, устанавливаются в упорных центрах. Центровые отверстия у оправок должны быть закалены и тщательно обработаны. Шлифовальные оправки бывают жесткими и разжимными.

Ж е с т к и е ш л и ф о в а л ь н ы е о п р а в к и. Оправка (фиг. 27) делается на длине *L* цилиндрической. Левый ее конец на длине *М* имеет конус, облегчающий введение оправки в отверстие. Правый конец на длине *Н* тоже конический, но его диаметр здесь не уменьшается к концу, а, наоборот, увеличивается. Такая оправка центрирует деталь своей цилиндрической частью *L* и закрепляет его конической частью. Для точного центрирования деталей на жестких оправках требуется, чтобы отверстия в них были обработаны с большой точностью, так как конусные оправки не обеспечивают определенного положения детали вдоль оси. Кроме того, при шлифовании методом многократных проходов по упорам на таких оправках возможен сход с нее детали, что приведет к аварии.

Разжимные шлифовальные оправки. Эти оправки (фиг. 28) можно использовать для обработки деталей с более грубыми допусками на выполнение центрального отверстия. Средняя часть *1* такой оправки сделана конической и на нее надета втулка *2*, имеющая с обоих концов по три прорези. Втулка *2* при помощи гайки *3* может надвигаться на конус средней части, вследствие чего ее диаметр будет увеличиваться, а сидящая на ней деталь закрепляться. Чтобы снять деталь с оправки, необходимо ослабить гайку *3* и затем сдвинуть втулку вправо гайкой *4* до первоначального положения.



Фиг 27 Жесткая шлифовальная оправка.

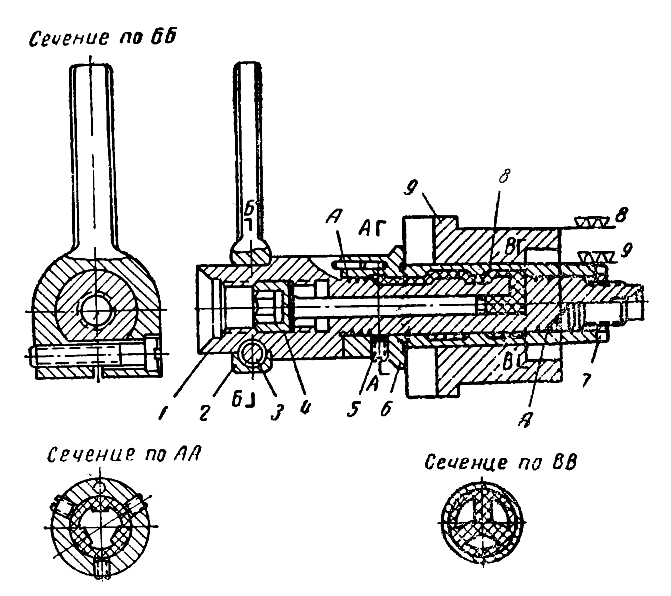


Фиг 28. Разжимная оправка.

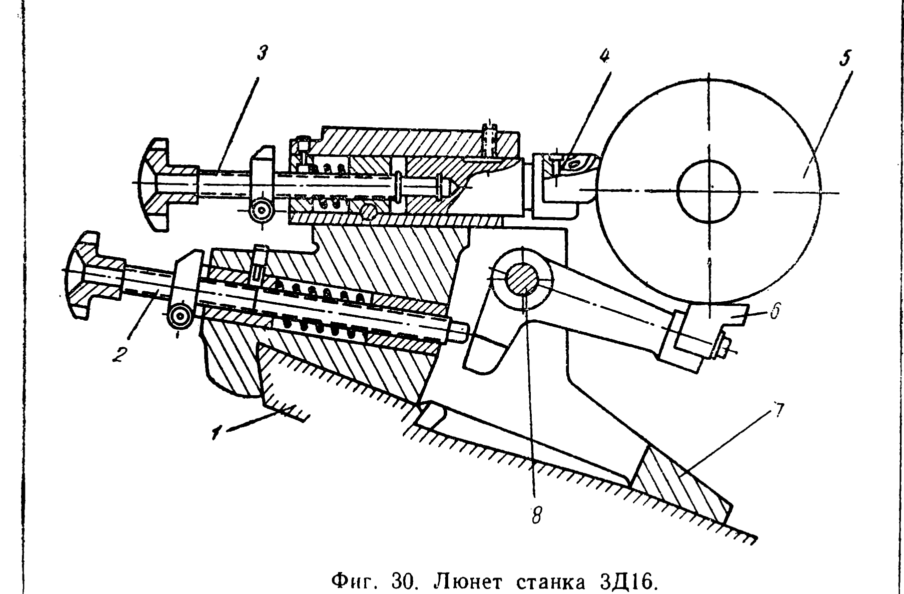
Оправки с тонкостенной пружинящей гильзой. Эти оправки применяются сравнительно недавно. Весьма важным их преимуществом является высокая чувствительность к форме отверстия детали и очень точное центрирование детали на оправке. В этих оправках центрирующая часть не имеет прорезей и работает как тонкостенный цилиндр, испытывающий изнутри равномерное давление. Для создания этого давления используется пластичный заполнитель (гидравлическая пластическая масса).

На фиг. 29 показана такая оправка, заполненная гидравлической пластмассой *8*, в состав которой входят полихлорвиниловая смола и другие вещества. Эта масса не теряет своей упругости в пределах температур от + 60 до — 20° Она заполняет все каналы корпуса *1* оправки и все полости между корпусом и тонкостенной пружинящей втулкой *6*. Толщина стенок этой втулки составляет 1,0—2 *мм*.

Корпус *1* оправки снабжен центровыми отверстиями и хомутиком *2*, затягиваемым винтом *3*. Гидравлическая масса заполняется через отверстие, в котором находится винт *4*. Торцом этого винта регулируется ее начальное давление. Расширение пружинящей втулки должно происходить только в пределах упругости. Регулирование производится по калибру — кольцу, внутренний диаметр которого немного больше наибольшего предельного диаметра отверстия детали *9*. При зажиме детали вращают гайку *7*, и давление гидравлической массы на стенки втулки *6* от этого будет увеличиваться, стенки начнут расширяться и деталь закрепится на оправке. Уплотнения *А* выполнены на деталях оправки для предотвращения утечки пласт-



Фиг. 29. Оправка с тонкостенной пружинящей втулкой.



Фиг. 30. Люнет станка 3Д16.

массы. Через отверстия, закрываемые винтами *5*, производится выпуск воздуха при заполнении гидромассой.

Люнеты. Длинные и тонкие детали под воздействием силы резания способны при шлифовании прогибаться. Чтобы избежать прогиба, применяют особые подставки, называемые люнетами. Число устанавливаемых при круглом шлифовании люнетов определяется диаметром и длиной детали. Чем тоньше и длиннее деталь, тем больше требуется люнетов.

В табл. 3 приведены данные о количестве применяемых люнетов в зависимости от диаметра и длины обрабатываемых деталей.

Таблица 3

Количество применяемых люнетов при круглом наружном шлифовании

Диаметр детали в *мм*	Потребное число люнетов при длине детали в *мм*										
	150	300	450	700	750	900	1050	1200	1500	1800	2100
До 20	1	2	3	4	5	6	7		—	—	—
20—25		1	2	3	4	5	6	7		—	—
26—35	—	1	2	2	3	4	4	5	7		—
36—50			1	2	2	3	3	4	5	7	—
51—60	—	—	1	1	2	2	2	3	4	5	**6**
61—75			1	1	2	2	2	2	3	4	**5**
76—100	—	—	—	1	1	1	2	2	3	4	**5**
101—125	—			1	1	1	2	2	2	3	**4**
126—150	—	—	—	1	1	1	2	2	2	3	**4**
151—200	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	**3**
201—240	—	—		—	—	1	1	1	1	2	**2**
251—300	—		—	—			1	1	1	1	**2**

Существует много разнообразных конструкций люнетов. На фиг. 30 изображено устройство люнета к круглошлифовальному станку 3Д16 Харьковского станкостроительного завода. Корпус *7* этого люнета устанавливается на столе *1* станка. Деталь поддерживается двумя башмаками *6* и *4*. Башмак *6* подводится к детали *5* при помощи винта *3* и устанавливается в нужном положении винтом *2* и двуплечим рычагом, качающимся на оси *8*. Во избежание повреждения поверхности деталей башмаки изготовляются из дерева или цветного металла.

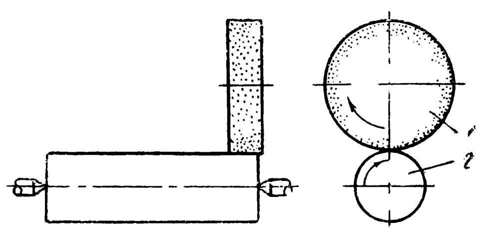
§ 2. СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ

Задача процесса шлифования состоит в том, чтобы с поверхности детали снять имеющийся припуск, доведя ее до окончательных размеров по чертежу.

Эту задачу можно решить четырьмя различными способами.

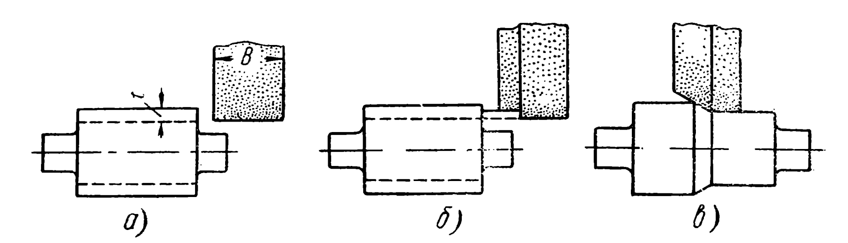
Шлифование продольными проходами. Это наиболее распространенный способ шлифования, при котором деталь *2* (фиг. 31), вра-

щаясь в упорных центрах, совершает продольное перемещение вправо и влево (продольная подача) на всю длину шлифования. В конце каждого прохода шлифовальный круг *1* подается в направлении детали на установленную глубину шлифования или величину поперечной подачи. Описываемый способ удобнее всего для шлифования цилиндрических поверхностей значительной длины. Глубину шлифования при таком способе рекомендуется брать не более 0,05 *мм*. При чистовом шлифовании глубина принимается еще меньшей величины. В этом случае для увеличения производительности следует идти по пути увеличения продольной подачи.



Фиг. 31. Шлифование продольными проходами.

Глубинный способ шлифования. Этот способ называют также еще шлифованием установленным кругом. Глубинное шлифование — это такое шлифование, при котором весь припуск (от 0,1 до 0,3 *мм* на сторону) снимается за один проход с очень малой величиной продольной подачи (фиг 32, *а*) При этом шлифовальный круг заправляется ступеньками



Фиг. 32. Шлифование глубинным способом:
обыкновенный круг; *б, в* — ступенчатые круги.

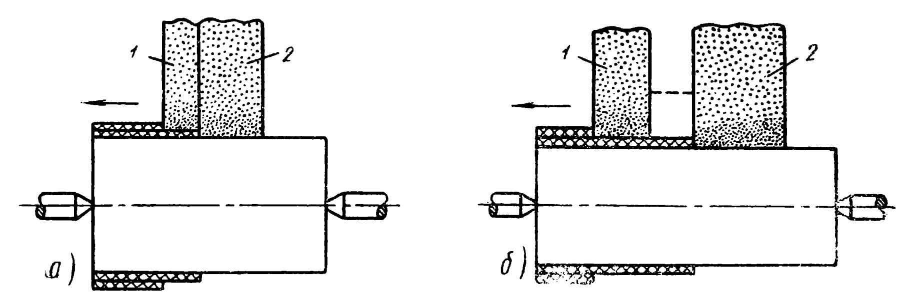
(фиг. 32, *б*) или с небольшим заборным конусом на высоте 6—12 *мм* (фиг. 32, *в*). Если этого не сделать, то передняя кромка круга будет быстро изнашиваться.

Высокая производительность при глубинном способе шлифования достигается уменьшением количества проходов и улучшением условий шлифования.

При шлифовании глубинным способом вместо одного круга иногда ставят два. В этом случае круги должны быть склеены или стянуты шайбами. Круг *1* (фиг. 33, *а*) производит предварительное шлифование, круг *2* — окончательное. Таким образом в одном проходе объединены и черновое, и чистовое шлифование. При соответствующем подборе шлифовальных кругов можно добиться увеличения производительности и повышения чистоты обрабатываемой поверхности. Также применяются круги, расположенные на некотором рас-

стоянии друг от друга (фиг. 33, *б*). Назначение кругов *1* и *2* — то же самое.

Шлифование врезанием. Этот способ применяется при грубом и чистовом шлифовании круглых деталей диаметром до 300 *мм*. Шлифование производится одним широким кругом *1* (фиг. 34). Деталь *2* не имеет продольной подачи, поперечная же подача шлифовального круга на заданную глубину производится непрерывно механическим или ручным способом. Для получения более правильной и чистой по-



Фиг. 33. Схема глубинного шлифования двумя кругами.

верхности детали кругу может сообщаться незначительное перемещение влево и вправо.

Преимущества обработки деталей по способу врезания перед способом шлифования продольными проходами следующие:

а) подача круга производится непрерывно, а не после каждого прохода, что способствует росту производительности станка;

б) этим способом могут быть отшлифованы и фасонные детали при помощи профилированного шлифовального круга;

в) при этом способе на шпиндель станка могут быть установлены два или три шлифовальных круга, благодаря чему шлифование может производиться одновременно на нескольких участках детали.

К недостаткам способа врезания следует отнести:

а) большую поверхность соприкосновения круга с деталью, вследствие чего выделяется большее количество тепла, которое нагревает круг и деталь гораздо сильнее, чем при обычном способе шлифования;

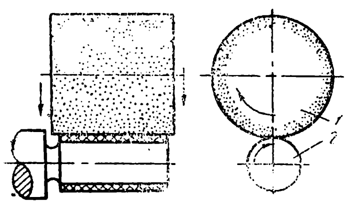
б) круг быстрее теряет свою форму и потому нуждается в частой правке.

При шлифовании врезанием разница между наибольшими и наименьшими диаметрами детали не должна быть больше 50 *мм*.

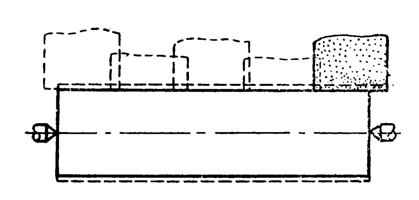
Шлифование уступами. При этом способе (фиг. 35) вначале шлифуется один участок вала поперечной подачей, затем приступают к шлифованию соседнего с ним другого участка и т. д. В процессе такого шлифования, хотя края участков и перекрывают друг друга на 5—15 *мм*, все же на обработанной поверхности видны их границы, и поверхность получается ступенчатой. Поэтому каждый участок шлифуется не на полную глубину, а с оставлением припуска, равно-

го 0,02—0,08 *мм* и снимаемого в дальнейшем несколькими (двумя-тремя) быстрыми продольными проходами.

Этот способ выгоден при шлифовании значительной партии одинаковых деталей. Для шлифования наружных цилиндрических поверхностей применяются преимущественно круги диаметром от 250 до 750 *мм*, высотой от 20 до 75 *мм* и формой ПП ГОСТ 2424—52.



Фиг 34. Шлифование врезанием.



Фиг 35. Схема шлифования уступами.

§ 3. ЧЕРНОВОЕ И ЧИСТОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Под черновым шлифованием понимается предварительная обработка деталей для снятия излишнего слоя металла с наименьшей затратой времени. Чистовое шлифование, в отличие от чернового, преследует цель достигнуть необходимую точность и чистоту поверхности. Поскольку при черновом шлифовании к качеству поверхности и точности обработки предъявляются невысокие требования, его производят обычно крупнозернистыми кругами с большой продольной подачей и глубиной шлифования. Твердость шлифовальных кругов, применяемых для этой цели, должна быть выше, чем для чистового шлифования. Припуск, оставляемый на чистовую обработку, составляет от 0,1 до 0,3 общего припуска на шлифование.

При чистовом шлифовании поперечная подача имеет очень небольшую величину и измеряется тысячными долями миллиметра. Это позволяет удалить все риски, оставшиеся после чернового шлифования.

Для получения при чистовом шлифовании высокой точности детали после того, как уже удален весь оставленный припуск, дальнейшие проходы делаются без поперечной подачи до тех пор, пока шлифовальный круг не перестанет искрить.

Разделение шлифовальных операций на предварительное и чистовое шлифование позволяет повысить производительность шлифовальных станков и использовать на черновом шлифовании менее точное оборудование. В случае, когда и то, и другое шлифование производится на точных станках, необходимо применять при черновом шлифовании пониженные подачи, чтобы не вызвать быстрого износа и потери точности трущихся частей станка.

§ 4. КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Основные понятия. Современная машиностроительная промышленность предъявляет чрезвычайно высокие требования к качеству обработанной поверхности. Быстроходные металлорежущие станки, турбины, авиамоторы и другие ответственные механизмы только тогда могут работать безукоризненно, когда их детали и узлы изготовлены с надлежащей степенью точности и имеют высокое качество поверхности.

Можно утверждать, что идеально ровная поверхность не может быть получена даже после самой точной обработки. Поверхности, обработанные резцами, фрезами, шлифовальными кругами или другими видами режущего инструмента, всегда имеют неровности в виде впадин и гребешков разной формы и размеров. Даже при такой точной обработке, как чистовое шлифование, имеются неровности, которые можно обнаружить измерительными приборами.

Качество любой обработанной поверхности следует рассматривать с двух сторон: геометрической и физической. Обработанные поверхности имеют, прежде всего, отклонения от заданной геометрической формы; такие погрешности характеризуют макрогеометрию* и микрогеометрию поверхности.

Макрогеометрия поверхности. При шлифовании цилиндрических поверхностей их макрогеометрия определяется бочкообразностью, конусностью, огранкой, овальностью, вогнутостью и т. д. На фиг. 36 показаны возможные отклонения геометрической формы от заданной.

Погрешности формы цилиндрических поверхностей, имеющие место при шлифовании, могут быть различными.

1. Неправильности контура сечений по сравнению с правильной окружностью. К их числу относятся: овальность, огранка.

2. Ошибки в прямолинейности образующих. К ним относятся: волнистость, изогнутость, вогнутость, бочкообразность.

3. Отклонения от параллельности образующих: конусность.

Дадим краткие характеристики существа этих погрешностей и причин на возникновения.

Под овальностью понимают разность между наибольшим и наименьшим диаметром деталей в одном и том же его поперечном сечении. Овальность цилиндрической поверхности детали получается в результате:

а) овальности шейки шлифовального шпинделя или вкладыша подшипника;

б) биения шпинделя передней бабки станка;

в) биения обрабатываемой поверхности (если припуск на шлифование окажется меньше величины биения);

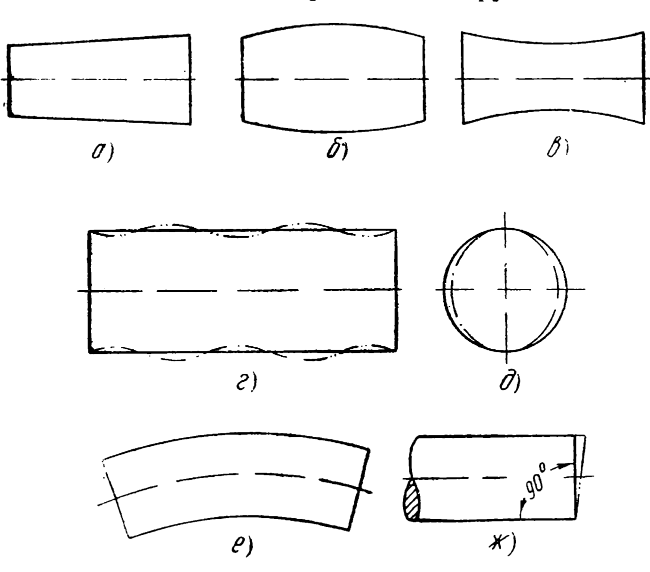
г) несовпадение линии центров детали (при шлифовании в центрах) с осью вращения шпинделя при условии, что величина этого смещения будет больше величины припуска на шлифование;

* Макрогеометрия поверхности — геометрия больших участков поверхности, дающая геометрическое представление о всей поверхности детали или о какой-либо одной из ее поверхностей.

д) копирования неточности направляющих шеек детали при работе с люнетами;

е) неуравновешенности детали и др.

Огранка — это отклонения от правильности цилиндрического контура сечения детали в виде многогранника с дугообразными сторонами. Огранка детали может получиться, главным образом, вследствие вибраций (дрожания) шпинделя шлифовального круга или несбалансированности самого шлифовального круга.



Фиг. 36. Различные искажения формы цилиндрического валика после обработки:

а — конусность; *б* — бочкообразность; *в* — вогнутость; *г* — волнистость; *д* — овальность; *е* — изогнутость; *ж* — неперпендикулярность.

Волнистость поверхности характеризуется отклонением от прямолинейности ее образующих. Проф. П. Е. Дьяченко так определяет волнистость: «Под волнистостью понимается более или менее регулярно повторяющиеся или близкие по размерам неровности, расположенные друг от друга на значительно большем расстоянии, чем микронеровности поверхности». Волнистость детали может образоваться в результате вибраций станка и детали, возникающих по различным причинам.

Бочкообразность — погрешность формы детали, возникающая в результате прогиба детали под влиянием сил резания при обработке его в центрах или же в патроне с задним центром.

Вогнутость — погрешность формы, получающаяся в результате постепенного утонения обработанной детали к середине. Вогнутость может появляться вследствие нежесткости станка.

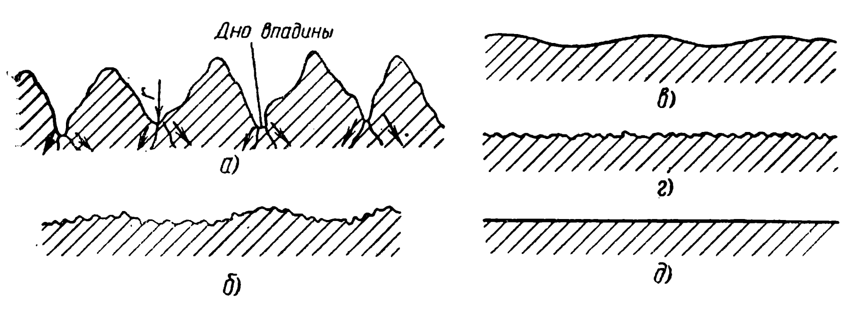
Конусность представляет такую погрешность формы, детали, при которой имеются отклонения ее образующих от параллельности

друг другу. Подобные отклонения могут получиться в результате:

а) непараллельности направляющих стола по отношению к линии центров;

б) несовпадения осей переднего и заднего центров, передней и задней бабок и др.

Микрогеометрия поверхности. На обработанной поверхности детали образуются и различные микроскопические неровности в виде гребешков и впадин, определяющих степень чистоты поверхности или ее микрогеометрию*. На фиг. 37 видно, что обработанная поверхность имеет такие микронеровности в виде мельчайших зубчиков. Микронеровности характеризуют степень гладкости поверхности.



Фиг. 37. Поверхности разного качества:

а — неровность после обработки; *б* — неровная шероховатая поверхность; *в* — неровная гладкая поверхность; *г* — ровная шероховатая поверхность; *д* — ровная гладкая поверхность.

К числу дефектов чистоты (гладкости) поверхности можно отнести грубую поверхность шлифования, различные риски или царапины, следы дробления. Грубая поверхность получается при работе крупнозернистым шлифовальным кругом или при неудовлетворительной его правке и весьма большой глубине шлифования; отдельные царапины и риски на поверхности есть результат загрязнения (засаливания) поверхности круга и охлаждающей жидкости.

Особыми причинами вызываются следы дробления. Это часто встречающийся и трудно устранимый дефект шлифования. Дробленая поверхность имеет вид мелких волн — ряби. Причины ее образования — в наличии большого зазора в подшипниках шпинделя, в неуравновешенности детали (при вращении ее вместе со шпинделем), в наличии плохой сшивки приводного ремня и в больших зазорах между направляющими бабки шлифовального шпинделя. На образование следов дробления также влияет недостаточность смазки, вибрации других, близко расположенных станков и машин, неправиль-

* Микрогеометрия поверхности — геометрия малых участков поверхности, дающая геометрическое представление о форме реальной поверхности на малом участке, на площади 1 $мм^2$ под микроскопом.

ный выбор характеристики шлифовального круга и, наконец, неправильный выбор режима шлифования. Однако главная причина — неуравновешенность круга.

§ 5. СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ ШЛИФОВАНИЯ

Вторую сторону качества обработанной поверхности составляют ее физические свойства и структура поверхностного слоя. Эти качества обработанной поверхности значительно отличаются от структуры и физических свойств внутренних слоев металла. В процессе шлифования происходит разрушение начальной структуры (строения) материала детали на некоторую глубину. Глубина слоя с измененной структурой зависит от режима шлифования и характеристики круга Чем грубее режим шлифования и чем больше не соответствует характеристика шлифовального круга конкретным условиям шлифования, тем на большей глубине изменяется структура поверхностного слоя. Эти изменения структуры приводят к изменению качества и механических свойств поверхностного слоя.

Чем же объясняются эти изменения в поверхностном слое детали? Процесс шлифования сопровождается значительным теплообразованием, так как температура в зоне шлифования достигает 1500—2000° На обработанной поверхности под действием этой температуры образуются прижоги, местные отпуски и напряжения, а также сетка микроскопических и даже более крупных трещин.

Появление прижогов характеризуется образованием на поверхности цветов побежалости, изменением структуры стали, особенно цементированной, возникновением местных напряжений, изгибающих детали, а в случае обработки закаленной стали приводящих к трещинам, или к отпуску поверхностного слоя, что особенно вредно отражается на качестве деталей, работающих на износ. Прижоги чаще всего получаются в результате применения слишком твердых шлифовальных кругов, недостаточного охлаждения и повышенных режимов шлифования. Если не представляется возможным заменить шлифовальный круг на менее твердый, то следует увеличить подачу детали. Это уменьшит время нагрева каждого участка обрабатываемой поверхности и улучшит условия самозатачивания круга.

Напряжения в поверхностном слое детали также возникают в результате повышенного режима шлифования, сопровождающегося большим теплообразованием. Эти напряжения при эксплуатации детали и особенно при эксплуатации с большими нагрузками могут привести к образованию поверхностных трещин и ее порче.

Трещины, появившиеся при шлифовании, являются наиболее серьезным и опасным дефектом этого вида обработки. Они ослабляют сечение детали, что особенно дает себя знать при ее работе с переменными нагрузками, и снижают износостойкость шлифованной поверхности. Появление шлифовочных трещин может быть следствием применения слишком твердого шлифовального круга и чрезмерно повышенных режимов шлифования. Иногда эти трещины трудно, а порой даже невозможно обнаружить и с помощью лупы, а поэтому

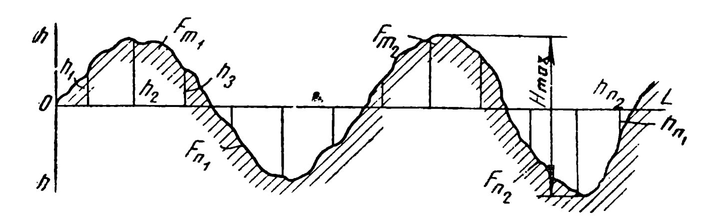
приходится применять магнитный метод определения трещин в металле или метод травления.

Изложенное показывает, насколько понятие о качестве поверхности широко. Оно охватывает не только форму, размеры и степень чистоты поверхности, но и ее механические свойства (твердость, наклеп), а также физическое состояние. Все эти элементы понятия о качестве поверхности имеют огромное значение для работы и износостойкости деталей машин.

§ 6. ОЦЕНКА ЧИСТОТЫ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Чистота обработанной поверхности, представляющая часть общего понятия о качестве поверхности, оценивается по ГОСТ 2789—51.

Как было показано, величина неровностей обработанной поверхности зависит от формы лезвия режущего инструмента, подачи, зернистости шлифовального круга и т. д. Профилограмма поверхностных неровностей (фиг. 38) наглядно показывает в увеличенном виде микрогеометрию (рельеф микроповерхности), которая и служит сред-



Фиг. 38. Профилограмма поверхностных неровностей.

ством для оценки чистоты поверхности. Средняя линия профиля этих поверхностных неровностей располагается так, что сумма площадей по обеим сторонам от этой средней линии до профиля равна между собой, т. е.:

$$F_{m_1} + F_{m_2} + \qquad = F_{n_1} + F_{n_2} +$$

Степень чистоты той или иной поверхности может быть оценена по среднеквадратичному отклонению* неровностей h_1; h_2 $\quad h_{n_1}$; h_{n_2} поверхности от средней линии профиля $H_{ск}$, выраженному в микронах. Может быть произведена оценка качества поверхности и по максимальной высоте неровностей H_{max}, которая также выражается в микронах.

---

* Среднеквадратичное отклонение выражается формулой

$$H_{ск} = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 \qquad h_n^2}{n}}$$

Согласно ГОСТ 2789—51 предусматривается определение средней высоты микронеровностей как среднее арифметическое высот микронеровностей H от гребня до дна впадины:

$$H_{cp} = \frac{1}{n}(H_1 + H_2 + \cdots + H_n),$$

где n — число измерений.

Для измерения микрогеометрии поверхности имеется много различных приборов: механические, оптические, электромагнитные, электроемкостные и др. В большинстве случаев эти измерения производятся приборами, которые записывают колебания иглы при движении ее по шероховатостям поверхности и дают так называемую профилограмму.

Такие приборы называются профилографами. К профилографам оптико-механического типа относится профилограф советского инженера Аммона, дающий возможность измерять H_{max} в пределах от 0,5 до 50 микрон.

К числу приборов для определения шероховатости без механического ощупывания иглой и основанных на оптических методах измерения следует отнести двойной микроскоп акад. Линника, дающий возможность измерять H_{max} в пределах от 1,6 до 40 микрон.

Для измерения весьма гладких поверхностей с высотой неровностей до 1 микрона применяется прибор акад. Линника, называемый микроинтерферометром. Этот прибор построен на принципе интерференции* света.

В табл. 4 представлены классы чистоты поверхности, а на фиг. 39 показаны условные обозначения классов чистоты поверхностей на чертежах.

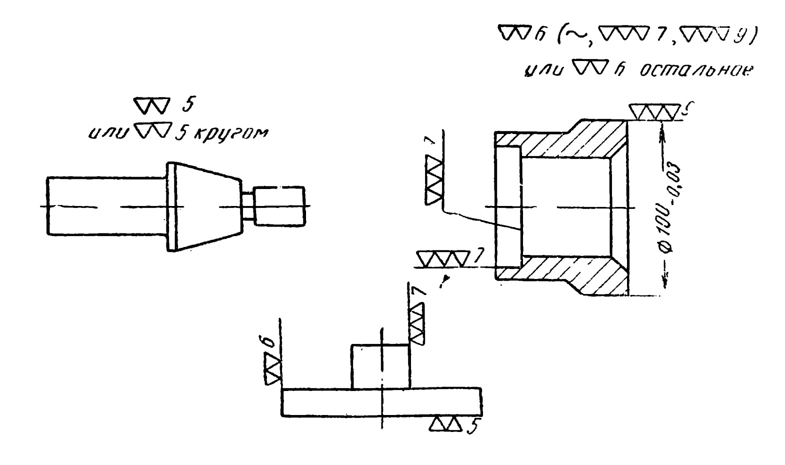
Таблица 4

Классы чистоты по ГОСТ 2789—51

Класс	Обозначения	Высота гребешков H_{cp}	Высота гребешков H_{ck}
1	▽ 1		200—125
2	▽ 2	—	125— 63
3	▽ 3	—	63— 40
4	▽▽ 4	—	40— 20
5	▽▽ 5	6,3 —3,2	
6	▽▽ 6	3,2 —1,6	—
7	▽▽▽ 7	1,6 —0,8	
8	▽▽▽ 8	0,8 —0,4	—
9	▽▽▽ 9	0,4 —0,2	
10	▽▽▽▽ 10	0,2 —0,1	
11	▽▽▽▽ 11	0,1 —0,05	
12	▽▽▽▽ 12	0,05—0,025	
13	▽▽▽▽ 13	—	0,12—0,06
14	▽▽▽▽ 14	—	0,06—0,00

* Интерференция света — взаимное усиление или ослабление световых волн при их наложении друг на друга.

К первой группе классов (▽) относятся грубые поверхности, получаемые при черновом точении, строгании и фрезеровании. Ко второй группе классов (▽▽) относятся получистовые поверхности, полученные в результате получистового и чистового точения, строгания и фрезерования. К третьей группе (▽▽▽) отно-



Фиг. 39. Условные обозначения чистоты поверхности на чертежах.

сятся чистовые поверхности, обработанные шлифовальными кругами, алмазным точением, протягиванием и развертыванием. К четвертой группе (▽▽▽▽) относятся поверхности, обработанные доводкой и притиркой.

§ 7. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

Наиболее частыми случаями брака при круглом шлифовании, кроме отклонения от заданных размеров, являются: следы дробления на поверхности, прижоги, конусность и овальность.

Рябь появляется, главным образом, вследствие дрожания (вибрации) шлифуемой детали или станка. Дрожание вызывают следующие причины:

а) неправильное соотношение скоростей вращения круга и детали, когда или недостаточна скорость круга, или чрезмерно большая скорость вращения детали;

б) неправильное закрепление и установка люнетов или недостаточное их количество;

в) неправильные центры станка, неплотное прилегание их в гнездах шпинделя, неправильные центровые углубления в детали;

г) слабое закрепление детали в центрах;

д) плохо выправлен и сбалансирован шлифовальный круг, вследствие чего получается биение круга;

е) обработка слишком тяжелых деталей, не соответствующих мощности станка;

ж) засорение и засаливание круга, что вызывает большое давление его на шлифуемую деталь;

з) качание (игра) шпинделя станка в подшипниках, вызываемое износом подшипников;

и) неравномерная толщина ремня, плохая сшивка и скольжение его.

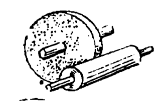
Если будут устранены причины дрожания, то можно получить совершенно гладкую поверхность без следов ряби.

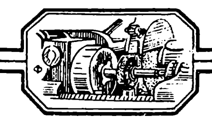
Конусность при шлифовании получается в том случае, если центр задней бабки будет смещен в сторону, а также вследствие поворота стола продольной подачи по отношению к направляющим станины.

Отжиг получается вследствие нагрева детали, иногда с появлением цветов побежалости. Такая шлифованная поверхность недостаточно износостойка. Основной причиной отжига является неправильно подобранный шлифовальный круг. Слишком твердые, быстро засаливающиеся шлифовальные круги, чрезмерная скорость вращения их всегда вызывают излишний нагрев детали и часто, как следствие, отжиг и искривление их.

Овальность деталей получается чаще всего в результате неправильного выполнения центровых отверстий изделий и неплотного прилегания их к центрам станка. Неравномерное поджатие подушки люнета, овальность шеек шпинделя передней бабки также вызывает овальность шлифуемых деталей.

При достаточной внимательности шлифовальщика и при правильном выборе шлифовального круга и режимов резания можно предупредить указанные причины, вызывающие брак деталей.





ГЛАВА IV

ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

§ 1. ИЗНОС И ЗАСАЛИВАНИЕ КРУГОВ

В процессе работы выступающие зерна шлифовального круга изнашиваются, форма его рабочей поверхности теряет свою правильность, и он оказывается непригодным к дальнейшей работе. Его необходимо править.

Правка является процессом принудительного удаления затупленных зерен с рабочей поверхности круга, еще удерживаемых связкой, и восстановления его правильной геометрической формы, утраченной в результате неравномерного износа.

При чистовом шлифовании особенно необходимо своевременно править круг, так как затупленные зерна, вследствие недостаточного давления на них, не всегда выкрашиваются. Поэтому рабочая поверхность круга делается гладкой, а обработанная поверхность грубеет и на ней появляются цвета побежалости (прижоги). Это служит признаком затупления круга.

Правда, при определенных условиях работы шлифовальный круг обладает свойством самозатачивания, заключающимся в том, что затупившиеся зерна под влиянием увеличенной силы резания выламываются из связки и на смену им выступают новые зерна, которые продолжают резание металла. Однако самозатачивания можно достигнуть только при особо тщательном подборе характеристики шлифовального круга и режима шлифования. Проще это осуществить при шлифовании твердых металлов специальными мягкими кругами на высоких режимах резания. Тем не менее, даже и самозатачивающиеся круги с целью придания им более правильной формы, искаженной вследствие неравномерного износа, необходимо принудительно править.

Правка шлифовальных кругов необходима также по причине засаливания их рабочей поверхности. Круг засаливается, т. е. загрязняется, потому что его поры забиваются мелкой металлической пылью, и в связи с этим зерна перестают резать, не будучи затупленными. Это вызывает резкое повышение температуры в зоне резания шлифовальным кругом. Такое явление происходит чаще всего тогда, когда характеристика круга выбрана неправильно или его вращение слишком медленное, а поперечная подача не соответствует его зерни-

стости. Имеет значение и подача детали. Особенно часто засаливание происходит при шлифовании латуни, бронзы, алюминия, чугуна и незакаленной стали. Во всех этих случаях надо произвести правку круга.

§ 2. МЕТОДЫ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Для правки шлифовальных кругов применяются: 1) технические алмазы; 2) алмазно-металлические карандаши; 3) круги из черного карбида кремния; 4) шарошки и диски; 5) твердосплавные ролики.

Правка алмазами. Технический алмаз — разновидность углерода. По твердости он занимает первое место среди всех известных материалов (твердость 10 по шкале Мооса). Размеры алмазов определяются в весовых единицах — каратах. Один карат равен 0,2 *г*. Для правки кругов применяются алмазы весом от 0,25 до 1,5 карата.

Техническими алмазами производится правка шлифовальных кругов только для чистового круглого наружного и плоского шлифования точных поверхностей и придания кругу необходимой формы при чистовом фасонном шлифовании (например, при шлифовании шестерен, шлицевых валиков, фасонных резцов, протяжек и долбяков). Алмазы применяются при окончательной обработке поверхностей, имеющих допуск 12 микрон и точнее.

Применение алмазов во всех других случаях недопустимо вследствие высокой стоимости.

Выбор размера алмаза производится из следующих соображений:

1. Чем больше диаметр круга, тем крупнее должен быть алмаз. Например, при круге диаметром до 200 *мм* применяют алмаз весом 0,5 карата; до 500 *мм* — 1,0 карат и при 750 *мм* вес алмаза составляет 1,25 карата.

2. Размер алмаза должен быть тем больше, чем крупнее зерно шлифовального круга и чем прочнее и эластичнее его связка.

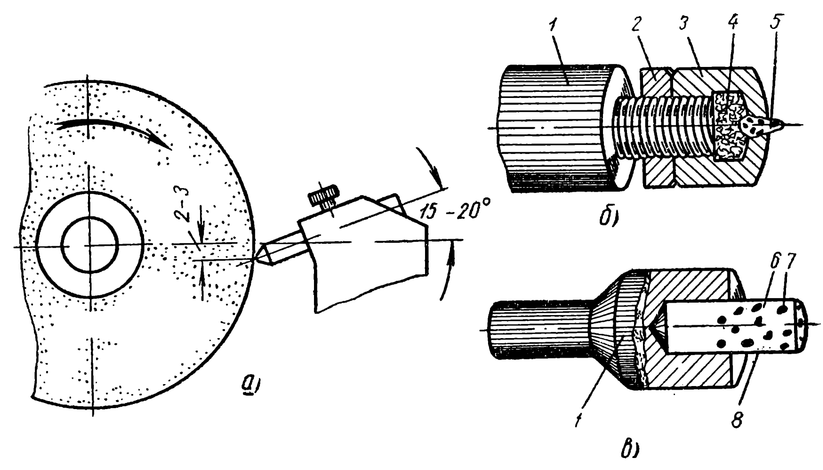
Так как алмаз весьма чувствителен к толчкам и резким изменениям температуры, недопустимо его применение при плохом закреплении алмазодержателя (его оправки) в приспособлении станка и при капельном охлаждении. Правка техническими алмазами должна производиться при обильном охлаждении (не менее 20 *л/мин*) и рабочей окружной скорости круга. Толщина снимаемого слоя при правке не может превышать 0,01—0,03 *мм*.

Алмаз устанавливается на столе шлифовального станка на 2—3 *мм* ниже оси вращения круга и с наклоном под углом 15—20° (фиг. 40, *а*).

Для правки кругов алмаз закрепляется в особой оправке. Один из способов его крепления в этой оправке указан на фиг. 40, *б*. На нарезанный конец этой оправки навинчивается колпачок с отверстием в середине, через который пропускается закрепляемый алмаз. Под колпачок насыпают свинцовые опилки, которые при навинчивании колпачка на оправку спрессовываются и плотно охватывают алмаз снизу. При ослаблении алмаза колпачок снова подвин-

чивается и закрепляется контргайкой. Такой способ крепления дает возможность быстро освободить алмаз и повернуть его, чтобы использовать новую острую грань взамен затупившейся.

Другой способ крепления алмаза состоит в том, что в торце оправки сверлится отверстие диаметром немного больше алмаза. В него сначала вкладывается подушка из мягкого металла (меди, свинца или цинка), а затем вставляется алмаз и зачеканивается. При этом способе имеется опасность повреждения алмаза.



Фиг. 40. Использование технических алмазов для правки шлифовальных кругов:

а — установка на станке; *б* — крепление алмаза в оправке; *в* — крепление алмазно-металлического карандаша; *1* — оправка; *2* — контргайка; *3* — втулка; *4* — свинцовые опилки; *5* — алмаз; *6* — связующее вещество; *7* — алмазная крошка; *8* — карандаш.

Третий способ заключается в том, что торец оправки после высверливания в нем отверстия прорезается ножовкой в нескольких направлениях вдоль оси оправки. Это создает лапки, которые охватывают алмаз со всех сторон. Разрезанный конец оправки с алмазом заливается припоем.

Алмазно-металлические карандаши. Крупные алмазы стоят очень дорого, поэтому их стараются заменить мелкими или так называемой алмазной крошкой (0,1 — 0,3 карата). На фиг. 40, *в* показан алмазно-металлический карандаш в разрезе. Как видно из фигуры, это металлический цилиндрик диаметром 6—12 *мм* и длиной от 10 до 37 *мм*, в котором алмазные зерна расположены слоями по нескольку штук или по одному зерну вдоль оси цилиндра. Алмазные зерна сцементированы тугоплавкими металлами (кобальт, никель, вольфрам). Более подробно характеристика алмазно-металлических карандашей приводится в табл. 5.

Режим правки алмазно-металлическими карандашами следующий: глубина снимаемого слоя при правке не должна быть выше 0,05 *мм*, продольная подача не более 0,3 *м/мин*.

Таблица 5

Характеристика алмазно-металлических карандашей

Марка карандаша	Характеристика расположения алмазов	Вес отдельных зерен в каратах	Общий вес алмазов в каратах	Размеры карандаша в *мм*	
				диаметр	длина
СК1	Слои крупные	1/3—1 7	1	10	12
СК2	То же	1/3—1/7	2	10	16
СС1	Слои средние	1/7—1/12	1	10	12
СС2	То же	1/7—1/12	2	10	16
СМ1	Слои мелкие	1/12—1/20	1	10	12
СМ2	То же	1/12—1/20	2	10	16
СНМ1	Слои весьма мелкие	1 20—1 30	1	10	12
СНМ2	То же	1/20—1/30	2	10	16
НМ	Неопределенное расположение	1/20—1/100	2	10	16
НВМ	То же	1/20—1/100	2	10	16
Ц	Центральное вдоль карандаша	1/5—1/30	1/	6	37

Алмазно-металлическими карандашами можно править как электрокорундовые круги, так и круги из карбида кремния любой твердости, зернистости и размеров, правильно подобрав сорт и размер карандаша. Алмазно-металлические карандаши можно применять только на чистовых операциях. В остальных случаях следует осуществлять безалмазную правку.

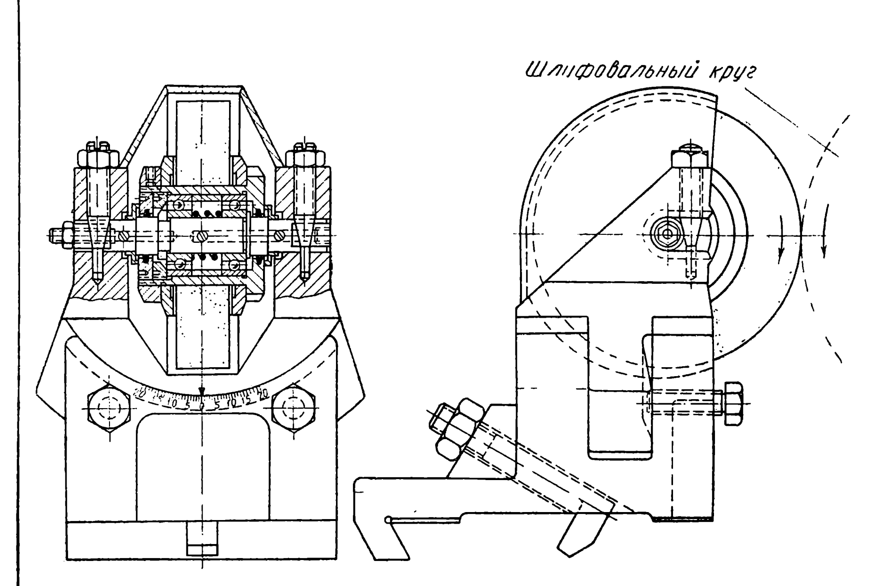
Помимо правки алмазными инструментами, в настоящее время широко применяется безалмазная правка. Такая правка производится в тех случаях, когда точность обработки не превышает 12—15 микрон. К видам безалмазной правки относятся: правка абразивными кругами, шарошками, дисками, стальными и твердосплавными роликами.

Правка абразивными кругами. Требования к безалмазной правке для чистовых операций состоят в том, что она должна не только хорошо выправлять рабочую поверхность круга, но и дробить абразивные зерна, расположенные на этой поверхности. Этому условию вполне удовлетворяет правка шлифовальных кругов твердыми абразивными кругами из карбида кремния. Правка кругами производится с помощью специальных приспособлений. Эти приспособления делятся на приспособления, правящие круг способом шлифования, и приспособления, правящие круг способом обкатки.

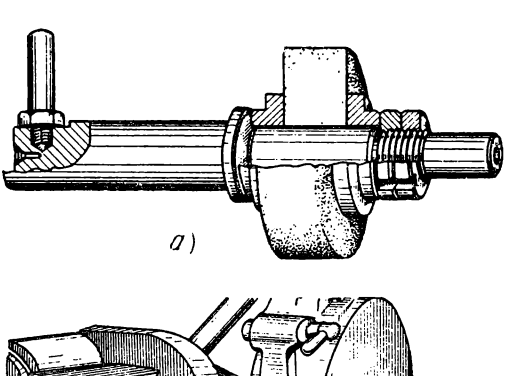
В приспособлениях для правки способом шлифования правящий круг имеет принудительное вращение. В приспособлениях, работающих способом обкатки, правящий круг получает движение только в момент контакта с выправляемым кругом. Источником этого движения служит трение о поверхность шлифовального круга.

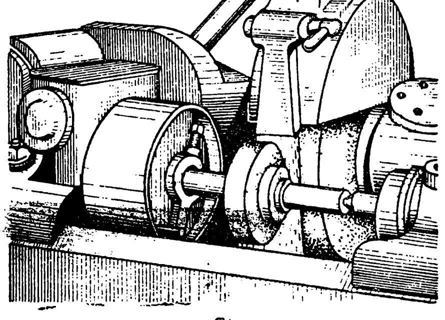
Выправляемый круг в процессе правки аккуратно подводится к правящему. Правка ведется с помощью продольной подачи.

На фиг. 41 показано простое приспособление для правки шлифовального круга при наружном круглом шлифовании способом



Фиг. 41. Приспособление для безалмазной правки кругом из карбида кремния методом обкатки.



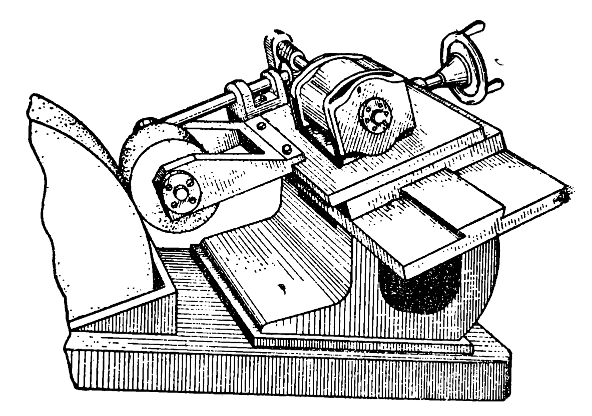


Фиг. 42. Оправка с шлифовальным кругом.

а — оправка; *б* — профилирование круга.

обкатки. В его корпусе смонтирован валик с роликоподшипниками и втулкой для закрепления на нем правящего круга. Хорошие результаты правки в этом приспособлении получаются при повороте оси правящего круга на 5—6° в вертикальной плоскости. Для этой цели на корпусе приспособления имеется шкала с градусными делениями.

При правке способом шлифования, как было указано, правящий круг получает принудительное вращение от отдельного привода. В месте соприкосновения со шлифовальным кругом он вращается в противоположную сторону. Простое приспособление этого типа (оправка), на котором жестко закреплен правящий круг из карбида кремния, показано на фиг. 42. Приспособление устанавливается в упорных центрах круглошлифовального станка вместо детали.



Фиг. 43. Приспособление для правки методом шлифования.

На фиг. 43 показано приспособление Челябинского тракторного завода для правки шлифовального круга методом шлифования (с принудительным вращением правящего инструмента). Вся эта установка закрепляется на столе шлифовального станка. От электродвигателя через червячную и коническую зубчатую передачу вращение передается правящему кругу. Чистота поверхности шлифования кругами, правленными с применением описанных приспособлений, не уступает чистоте, полученной при правке алмазом.

В качестве правящего инструмента на описанных приспособлениях применяются твердые, весьма твердые и чрезвычайно твердые абразивные круги из карбида кремния на керамической связке. Зернистость правящего инструмента при правке методом шлифования должна быть на 1—2 номера, а при правке обкаткой на 2—4 номера крупнее зернистости выправляемого круга.

Твердость правящего круга выбирается на две-пять ступеней выше твердости выправляемого круга. При правке обкаткой применяют более твердые круги (ВТ, ЧТ), чем при правке способом шлифования (Т, ВТ). Диаметр правящего круга выбирается в зависимости от диаметра шлифовального круга (табл. 6).

Шарошки и ролики. Металлические шарошки всех видов быстро выправляют шлифовальный круг и придают ему требуемую форму. Однако опыт показывает, что после правки круга металлическими шарошками нельзя получить чистой поверхности на детали. Это происходит потому, что шарошка не дробит шлифовальные зерна,

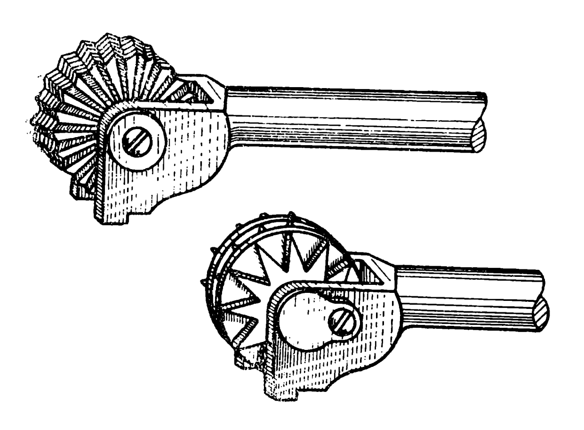
Таблица 6

Выбор диаметра правящего абразивного круга

Виды станков	Диаметр круга в *мм*	
	выправляемого	правящего
Круглошлифовальные	До 400	60—100
Плоскошлифовальные	Свыше 400	125—200
Бесцентрово-шлифовальные	До 250	100—150
	Свыше 250	50—100

как это делает алмаз, а вырывает их из связки. Поэтому подобные инструменты применяются при менее точной правке и в тех случаях, когда правка требует снятия большого объема абразива с рабочей поверхности круга.

Среди всевозможных видов металлических шарошек (фиг. 44), применяемых для правки кругов, гофрированные (волнистые) диски, штампованные из стали или в особенности отлитые из отбеленного чугуна, имеют значительные преимущества. Гофрированная поверхность диска создает при обкатке постоянный контакт инструмента с выправляемым кругом, чем и обеспечивается его равномерная правка по цилиндрической поверхности. При правке гофрированными дисками уменьшается возможность скалывания краев выправляемого круга. Гофрированные диски в количестве от 6 до 12 шт. свободно надеваются на валик, закрепляемый в державке.



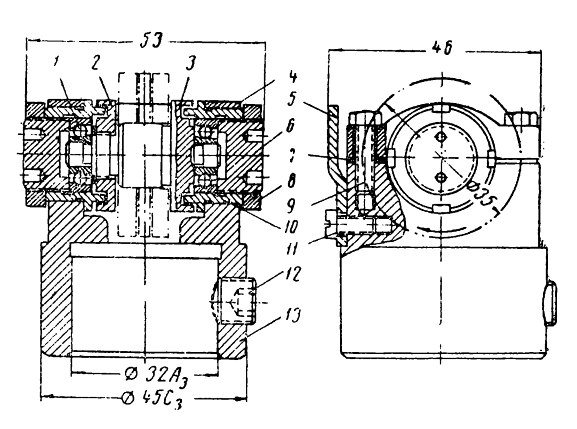
Фиг. 44. Шарошки.

Правка шарошками и дисками не должна производиться вручную, так как при этом биение шлифовального круга не будет устранено. Их следует укреплять на станине или столе станка.

Твердосплавные диски. В последнее время для правки шлифовальных кругов применяются как монолитные твердосплавные диски, так и диски из зерен твердого сплава. Правка шлифовальных кругов этими дисками производится по методу обкатки. Чистота шлифуемой поверхности при правке твердосплавным правящим инструментом может быть обеспечена до 9 класса по ГОСТ 2789—51.

Твердосплавные монолитные диски типа Б изготовляются диаметром 35 или 60 *мм* и соответственно высотой 2,5 или 4 *мм* по ГОСТ 4802—53 из твердого сплава марки ВК-6А по ГОСТ 3832—53. Диски из зерен твердого сплава изготовляются с диаметром 35 или

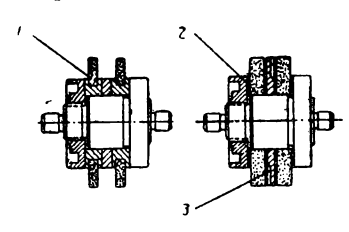
75 *мм*. Правка шлифовальных кругов твердосплавными дисками выполняется в следующем порядке. В державку (фиг. 45) устанавливаются по два диска. На фиг. 46 показана схема установки раз-



Фиг. 45. Державка ДО-35:

1 — шарикоподшипники; *2* и *3* — втулки; *4* — наружная обойма; *5* — щиток; *6* — резьбовая пробка; *7* — прокладка; *8* — гайка; *9* — винт; *10* — втулка; *11* — винт; *12* — установочный винт; *13* — корпус державки.

личного правящего инструмента на державке ДО-35. Режим правки шлифовальных кругов дисками может приниматься следующий:



Фиг. 46. Схема установки правящего инструмента на державки ДО-35:

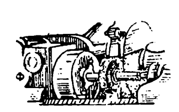
1 — твердосплавный диск 35 по ГОСТ 4802—53; *2* — абразивный диск А35 ГОСТ 6565—53; *3* — металлический диск Б35 ГОСТ 4803—53.

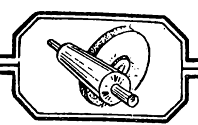
а) при черновом шлифовании продольная подача до 0,6 *м/мин* и поперечная подача до 0,05 *мм*;

б) при чистовом шлифовании продольная подача до 0,3 *м/мин* и поперечная подача до 0,03 *мм*, причем последние 2—3 прохода осуществляются без подачи.

Безалмазная правка должна производиться при обильном охлаждении.

Твердосплавные диски применяются тогда, когда шлифовальным кругам требуется придать геометрическую форму большой точности и в особенности при правке широких кругов. Высокая износоустойчивость, большая твердость, высокая механическая прочность, малые габаритные размеры приспособлений для правки делают эти диски наиболее универсальными.



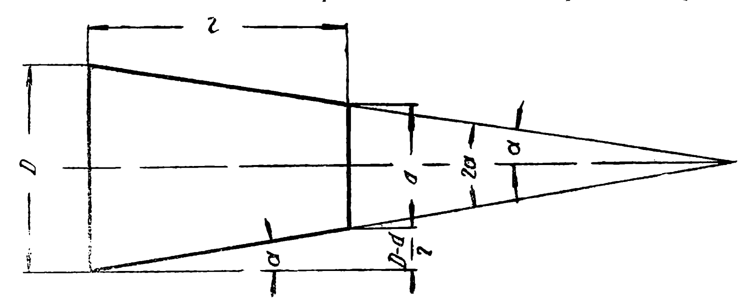


ГЛАВА V

ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. КОНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Конические поверхности имеют большое распространение в машиностроении, так как при их помощи достигаются весьма плотные и в то же время легко разбираемые соединения. Примером может служить конический хвостовик сверла, который легко входит и вынимается из конического отверстия шпинделя, причем гарантирует-



Фиг. 47. Элементы конуса.

ся необходимая плотность соединения сверла со шпинделем. Это же самое можно сказать и об упорных центрах токарного или шлифовального станка, о конических оправках, о конических пробках кранов и других деталях с коническими поверхностями.

Прежде чем перейти к изложению способов шлифования конусов, ознакомимся с некоторыми элементами конических поверхностей (фиг. 47). Угол 2α называется углом конуса. Угол α называется углом уклона и равен половине угла конуса. Конусностью k называется отношение разности большого и малого диаметров конуса к его длине:

$$k = \frac{D - d}{l}.$$

Если большой диаметр конуса равен 50 *мм,* малый диаметр — 36 *мм,* а длина — 70 *мм,* то конусность будет равна:

$$k = \frac{50 - 36}{70} = 0,2.$$

Уклоном i называется отношение разности диаметров конуса к его удвоенной длине:

$$i = \frac{D - d}{2l}$$

В предыдущем примере уклон будет равен:

$$i = \frac{50 - 36}{2 \cdot 70} = 0{,}1$$

Таким образом, уклон составляет половину конусности.

По величине уклона, пользуясь приложением 1, можно определить угол уклона. Для этого в одной из колонок приложения нужно найти число, равное или близкое величине уклона. Цифра, стоящая против этого числа в первой колонке, покажет число градусов угла, а цифра, стоящая над этой колонкой,— минуты. Если уклон будет равен 0,1, как было найдено в предыдущем примере, то угол α будет составлять 5°40′ Уклон конуса можно определить с помощью тригонометрических функций, а именно:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2l},$$

где α — уклон конуса.

В настоящее время конусы инструментов и посадочных мест станков для их закрепления изготовляются по установленному стандарту. Приняты две системы таких конусов: система Морзе и метрическая система. В табл. 7 даны размеры конусов по системе Морзе и по метрической системе.

Таблица 7

Конусы инструментов (к фиг. 47)

№ конусов		D	d	l	Конусность k	Угол уклона α
Конусы Морзе	0	9,045	6,453	49,8	0,05205	1°29′27″
	1	12,065	9,396	53,5	0,04988	1°25′43″
	2	17,780	14,583	64,0	0,04995	1°25′50″
	3	23,285	19,784	80,5	0,05020	1°26′16″
	4	31,267	25,933	102,7	0,05094	1°29′16″
	5	44,399	37,573	129,7	0,05263	1°30′26″
	6	63,348	53,905	181,1	0,05214	1°29′36″
Конусы метрические	80	80	70,2	196	1 : 20	1°25′56″
	100	100	88,4	232	1 : 20	1°25′56″
	120	120	106,6	268	1 : 20	1°25′56″
	140	140	124,8	304	1 : 20	1°25′56″
	160	160	143,0	340	1 : 20	1°25′56″
	200	200	179,4	412	1 : 20	1°25′56″

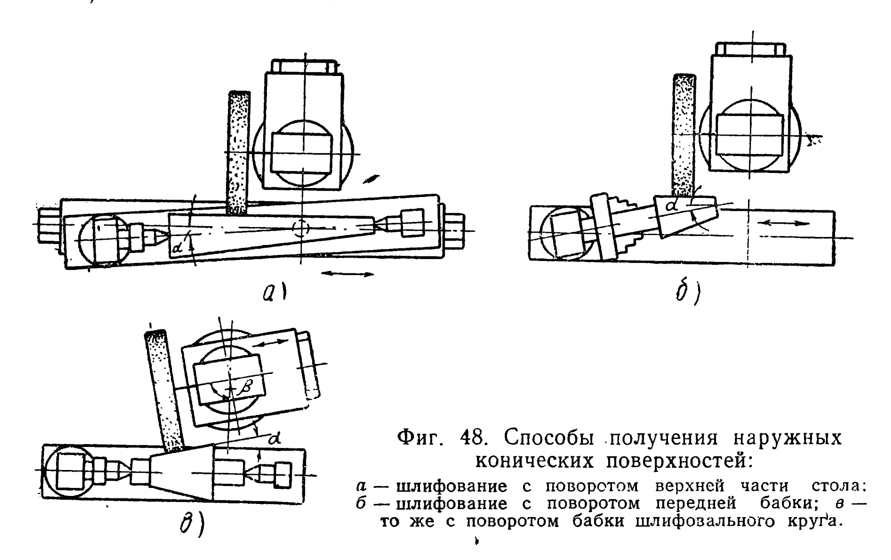
Если система конуса неизвестна, то определить ее можно только самым тщательным измерением двух крайних диаметров и длины конической части с последующим вычислением величины конусности.

Кроме систем инструментальных конусов, в машиностроении широко применяются конусности: 1 100 (0,01); 1 50 (0,02); 1 30 (~0,033) и 1 10 (0,1).

§ 2. СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шлифование наружных конических поверхностей на круглошлифовальных станках может быть произведено: а) поворотом стола; б) поворотом передней бабки; в) поворотом бабки шлифовального круга.

Шлифование конусов с поворотом стола. Внешние конусы, имеющие небольшой уклон, шлифуются в центрах с поворотом верхней части стола на угол уклона α (фиг. 48, *а*). Поворот производят по делениям, нанесенным на одном из концов стола. Наибольший поворот



Фиг. 48. Способы получения наружных конических поверхностей:

а — шлифование с поворотом верхней части стола; *б* — шлифование с поворотом передней бабки; *в* — то же с поворотом бабки шлифовального круга.

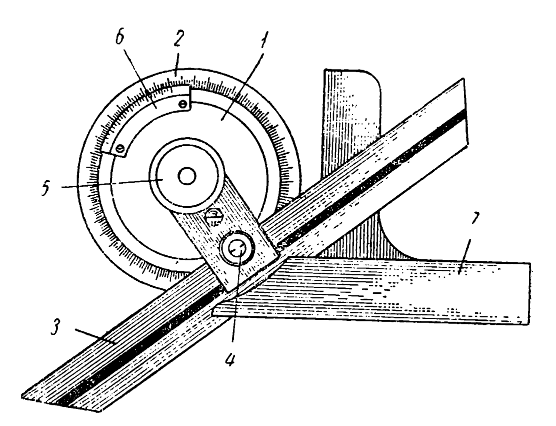
стола возможен до 6—7°. Это дает возможность прошлифовать конус с углом 12—14°. Такая установка стола позволяет расположить обрабатываемую поверхность конуса параллельно направлению продольной подачи, на которой и производят шлифование поверхности. Поперечная подача осуществляется бабкой шлифовального круга.

Шлифование конусов поворотом передней бабки. Шлифование конусов с большим уклоном и небольшой длиной может производиться в патроне поворотом передней бабки также на величину угла уклона α (фиг. 48, *б*). Шлифование производят с продольной пода-

чей стола, верхняя часть которого стоит на нулевом делении. После каждого прохода шлифовальному кругу дают поперечную подачу.

Шлифование конусов поворотом бабки шлифовального круга. Внешние крутые и длинные конусы шлифуются в центрах с поворотом салазок бабки шлифовального круга в такое положение (фиг. 48, *в*), при котором эти салазки были бы параллельны образующей конуса. Угол поворота бабки равен также углу уклона α.

Продольная подача в этом случае может быть осуществлена только перемещением бабки шлифовального круга вручную. Подача на глубину производится за счет продольного перемещения стола влево. Процесс подготовки станка и детали для шлифования конусов такой же, как и для шлифования наружных цилиндрических поверхностей.



Фиг. 49. Универсальный угломер.

Если на рабочем чертеже детали угол конуса или угол уклона не указаны, то их определяют по табл. 7, приложению 1 или соответствующим тригонометрическим расчетом.

Измерения правильности отшлифованных конических поверхностей производятся различными измерительными инструментами и приборами. На рабочем месте шлифовщика чаще всего для проверок правильности обработанной поверхности конуса пользуются угломерами, калибрами и шаблонами.

Универсальный угломер. При помощи универсального угломера (фиг. 49) можно измерять и отсчитывать величину угла конуса в градусах и минутах.

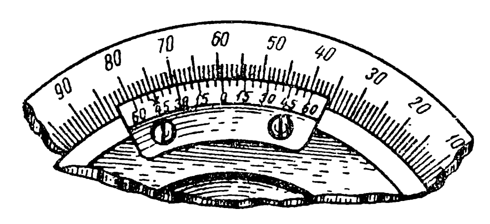
Универсальный угломер состоит из двух дисков *1* и *2*, сидящих на одной оси, и линейки *3*, прикрепляемой винтом *4* к диску *1*. Диск *1* может повертываться на любой угол относительно диска *2*. Оба диска прочно закрепляются гайкой *5* в установленном положении. При отпущенном винте *4* линейку *3* можно передвигать в направлении ее длины и устанавливать в нужном положении. Эта линейка жестко скрепляется с диском *1*.

Неподвижный диск составляет одно целое с корпусом угломера, выполненного в виде угольника *7*. По окружности неподвижного диска *2* нанесено 360 делений, от 0 до 90° в обе стороны и затем от 90 до 0°. Величина каждого деления равна 1°. К подвижному диску прикреплен нониус *6*. Вправо и влево от нуля нониуса отложено по 12 делений. Каждые 12 делений нониуса вместе равняются 23°, т. е. 23 делениям неподвижного диска *2*. Следовательно, каждое деление нониуса равно $23° : 12 = 1\frac{11°}{12}$, что соответствует точности

его отсчета, представляющей разность между двумя делениями основной шкалы и одним делением нониуса, т. е. $2^\circ - 1\frac{11^\circ}{12} = \frac{1^\circ}{12}$ что соответствует 5 мин. (5′).

Отсчет общей величины измеряемого угла производится по шкале диска *2*, из которой определяется целое число градусов. Части градусов отсчитываются в минутах по нониусу, причем пользуются или правой, или левой частью нониуса. Для этого обращаются к той части шкалы, которая расположена по ходу отсчета, т. е. если целое число градусов отсчитывалось по шкале в направлении справа налево, отсчет ведется по шкале нониуса, лежащей левее его нуля. Число минут, указываемых нониусом, соответствует тому его делению, которое совпадает с каким-либо делением основной шкалы.

Цифры нониуса означают не порядковые номера делений, а числа минут, которым соответствует данное деление. При пользовании нониусом отыскивается то деление, которое совпадает или ближе всего совпадает с каким-либо делением шкалы. Обратимся к примеру отсчета по нониусу (фиг. 50). Здесь отсчет целых градусов дает величину, равную 54, а нониус показывает 45′, так как соответствующее (9-е) деление, отмеченное на фигуре звездочкой, совпадает с делением основной шкалы. Таким образом, угломер в данном случае установлен на угол в 54°45′.



Фиг. 50. Нониус угломера.

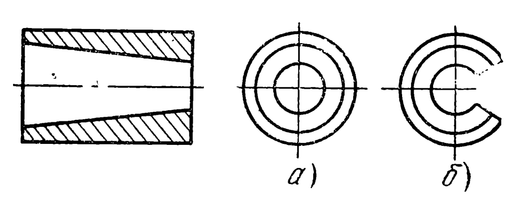
Если необходимо проверить, соответствует ли чертежу какой-либо угол, линейки угломера устанавливаются по шкале и нониусу на этот угол, и этим инструментом пользуются как угольником. Можно поступить иначе, измеряя фактическую величину угла на детали и сравнивая ее с величиной, указанной на чертеже.

Во избежание ошибок при пользовании угломером необходимо следить за его правильной установкой относительно измеряемых поверхностей, не допуская перекоса, так как в этом случае показания угломера не будут соответствовать фактической величине угла. Необходимо следить и за тем, чтобы измерительные плоскости линеек угломера не имели забоин или вмятин, так как при их наличии их будут получены неверные результаты.

Существуют угломеры, нониусы которых дают большую точность отсчета. Например, угломеры, выпускаемые заводом «Красный инструментальщик», позволяют отсчитывать углы с точностью до 2′.

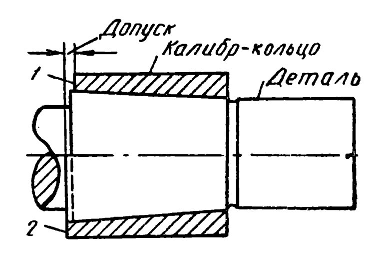
Конические калибры. Угол конуса и один из его диаметров может быть проверен нормальными или предельными коническими калибрами. Калибром для наружной конической поверхности служит нормальный конический калибр-кольцо полный (фиг. 51, *а*) или с продольным вырезом (фиг. 51, *б*). По измеряемой кониче-

ской поверхности вдоль ее оси проводят карандашом две риски, отстоящие друг от друга приблизительно на одну четверть окружности конуса. После этого деталь осторожно вводят в калибр, с небольшим нажимом повертывают его внутри калибра и вынимают для осмотра. Если обе риски по всей их длине будут сохранены или стерты, то угол поверхности детали совпадает с углом калибра. Если же в одних местах риски стерлись, а в других остались нетронутыми, это покажет, что углы конусов калибра и детали неодинаковы. Таким же образом можно проверить и внутренние конические поверхности, пользуясь нормальным коническим калибром-пробкой.

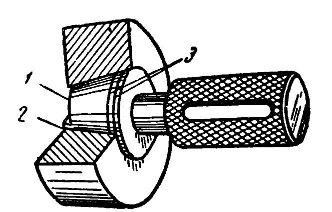


Фиг. 51. Нормальные калибры-кольца для конусов:
а — полный; б — неполный.

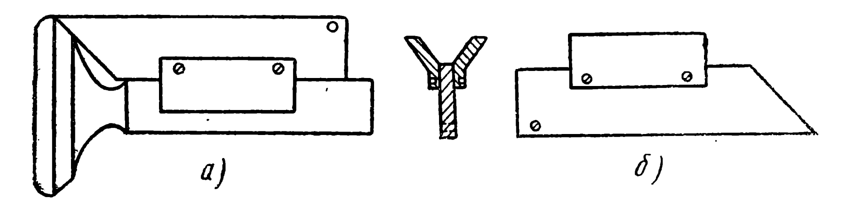
Конические калибры бывают и предельными. На фиг. 52 показан способ измерения наружного конуса предельным калибром-



Фиг. 52. Измерение предельным калибром-кольцом.



Фиг. 53. Измерение конического отверстия калибром-пробкой.



Фиг. 54. Шаблон для проверки угла уклона:
а — процесс проверки; б — шаблон.

кольцом. Этот калибр на своем торце имеет уступ. Если торец детали, введенной в это кольцо, находится между поверхностями калибра *1* и *2*, то в этом случае диаметр конуса детали выполнен в пределах допуска. Угол и здесь может быть проверен этим же калибром, только на краску или на карандашный штрих. Иногда

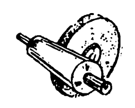
вместо уступа на одном торце калибра-кольца делается срез по его оси и на плоскости этого среза наносятся две риски, за пределы которых не должен выходить торец конической части детали.

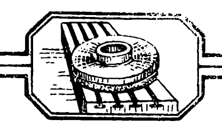
На предельных калибрах-пробках, предназначенных для проверки конических отверстий (фиг. 53) делается две кольцевые риски *3* или уступ с поверхностями *1* и *2*. Если отверстие обработано правильно, то такой калибр должен входить в него не дальше второй риски и не ближе первой или же торец детали должен находиться между плоскостями *1* и *2*.

Шаблоны. Шаблон, или чистовой калибр,— инструмент, с помощью которого можно проверить правильность геометрической формы и размеров детали, в данном случае элементов конической поверхности.

Как правило, шаблоны изготовляются для проверки только одной определенной детали и не могут быть использованы для деталей другого размера или иной формы.

Конструкции шаблонов разнообразны. Одним из примеров конструкции шаблона может служить фиг. 54, на которой изображены шаблон для проверки угла уклона клапана и способ применения этого шаблона.





ГЛАВА VI

ШЛИФОВАНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Плоское шлифование применяется для обработки плоскостей. Оно отличается высокой производительностью процесса и допускает обработку больших поверхностей. Немаловажное значение для производительности этого процесса имеют очень малые затраты на установку и закрепление деталей, так как шлифование плоскостей обычно происходит с применением магнитных столов.

Как известно, шлифование плоскостей может быть осуществлено двумя способами:

а) шлифованием периферией круга;

б) шлифованием торцом круга.

Плоское шлифование периферией круга. При шлифовании периферией круга (см. фиг. 3, *VI*) обработку плоскости можно вести как с подачей детали, направленной навстречу вращению круга, так и с подачей противоположного направления. При этом стол имеет возвратно-поступательное движение подобно столу строгального станка. Вторую подачу, перпендикулярную к подаче детали, при работе на плоскошлифовальных станках производят вдоль оси шпинделя после каждого продольного прохода стола, перемещая круг или стол на некоторую величину, называемую продольной подачей.

Для плоского шлифования периферией шлифовального круга применяются круги преимущественно формы ПП по ГОСТ 2424—52, имеющие наружный диаметр от 175 до 450 *мм* и высоту от 16 до 40 *мм*. Выбор твердости и зернистости круга, производимый в зависимости от обрабатываемого материала, можно осуществлять по табл. 8.

При работе на станках с прямоугольным столом существующие приемы снятия припуска сводятся к трем основным способам.

1. Способ многократных проходов (фиг. 55, *а*). При этом способе продольная подача круга производится после каждого хода стола, при котором круг снимает слой металла, равный по своей толщине поперечной подаче, а по ширине — продольной подаче.

После прохода всей обрабатываемой поверхности круг снова перемещают на нужную глубину и на продольной подаче снимают

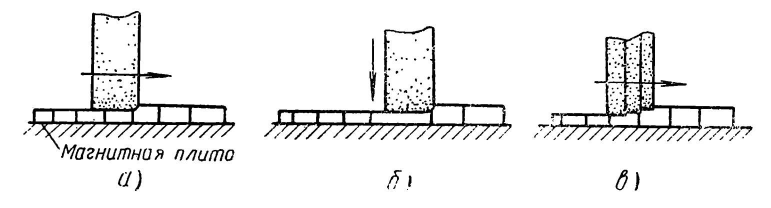
Таблица 8

Выбор круга для плоского шлифования периферией

Обрабатываемый материал	Абразивный материал	Зернистость	Связка	Твердость	Структура
Сталь сырая	Э	36—46	К	М2—СМ2	8
Сталь закаленная	Э	36—46	К,Б	М2—СМ1	8
Сталь быстрорежущая закаленная	Э и ЭБ	46—60	К,Б	М2—М3	8
Сталь хромоникелевая	Э	24—46	К,Б	М2—СМ1	8
Чугун . . .	КЧ	36—46	К	М2—СМ1	8
Латунь и бронза мягкая	КЧ	16—24	К	С1—С2	8

следующий слой металла. Такие проходы повторяются до полного удаления припуска.

2. Шлифование установленным кругом (фиг. 55, *б*). При этом способе круг подается на глубину резания после каждого хода стола. Основная особенность этого метода заключается в весьма малой скорости продольного перемещения стола. После снятия припуска на



Фиг. 55. Шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом:

а — методом поперечных проходов; *б* — установленным кругом; *в* — ступенчатым кругом.

полную глубину шлифовальный круг перемещается вдоль оси шпинделя на величину от $^3/_4$ до $^4/_5$ его высоты. Шлифование повторяется до тех пор, пока не будет снят припуск и на этом участке. Оставшийся для чистовых проходов припуск в 0,01—0,02 *мм* снимается по первому способу.

Второй способ находит применение преимущественно при работе на мощных шлифовальных станках.

3. Шлифование ступенчатым кругом или глубинный способ шлифования (фиг. 55, *в*). В этом случае круг заправляется ступеньками. Весь припуск распределяется между отдельными ступеньками и снимается за один проход. Последняя ступенька обычно снимает небольшой слой металла, после чего производится чистовое шлифование.

Следует обратить внимание на то, что при первом способе круг работает, главным образом, своей кромкой, а его периферия остает-

ся мало нагруженной. Это приводит к неравномерному износу. При ступенчатом шлифовании работа круга распределяется равномернее по его поверхности и он работает лучше.

По наблюдениям за обработкой незакаленной стали установлено, что она требует наибольшего времени при шлифовании многократными проходами и наименьшего — при работе ступенчатым кругом. Производительность при ступенчатом шлифовании зависит от правильной формы шлифовального круга. Править шлифовальный круг нужно инструментом, который позволяет получить сразу весь необходимый профиль (фасонными роликами или специальными дисками), в противном случае повышенный расход шлифовальных кругов и большие затраты времени на правку чрезмерно увеличат стоимость и время обработки.

Особые преимущества станков, работающих периферией круга, состоят в возможности производить шлифование профильных поверхностей, в высокой точности работы и в незначительном нагреве обрабатываемых деталей. Последнее обстоятельство очень важно при обработке деталей, подверженных короблению.

Плоское шлифование торцом круга. Шлифование торцом круга (см. фиг. 3, *VI*) еще производительнее, так как при этом одновременно может шлифоваться большая поверхность. Стол плоскошлифовального станка, предназначенный для такого шлифования, имеет возвратно-поступательное или вращательное движение. В последнем случае стол делается круглым.

Торец шлифовального круга перекрывает всю ширину детали, установленной на столе станка, и поэтому все движения в процессе торцового шлифования сводятся к вращению круга, подаче детали и к поперечной подаче круга после каждого хода стола или после каждого его оборота.

Для улучшения условий удаления стружки и понижения температуры в зоне торцового шлифования необходимо:

а) применять обильное охлаждение, также содействующее и лучшему удалению стружки;

б) стремиться к прерывистости зоны шлифования, для чего преимущественно применять не шлифовальные круги, а абразивные сегменты по ГОСТ 2464—52;

в) искусственно сокращать зону соприкосновения круга с деталью путем скашивания его торцовой поверхности или там, где это возможно, путем установки шлифовальной головки с небольшим наклоном;

г) применять более крупнозернистые и менее твердые шлифовальные круги.

При торцовом шлифовании, кроме сегментов по ГОСТ 2464—52, которые применяются для шлифования больших плоскостей, очень часто применяются и кольцевые круги по ГОСТ 2424—52 (форма 1К и 2К). Круги формы 1К диаметром до 200 *мм* устанавливаются в большинстве случаев на плоскошлифовальных станках с вертикальным шпинделем. Круги формы 2К диаметром 200—300 *мм* применяются для заточки сверл и реже для заточки резцов.

Для выбора твердости и зернистости шлифовального круга при торцовом шлифовании в зависимости от обрабатываемого материала можно пользоваться табл. 9.

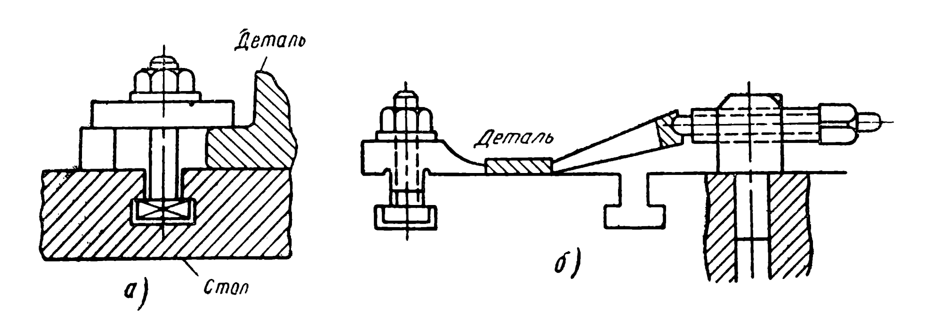
Таблица 9

Выбор круга для плоского торцового шлифования

Обрабатываемый материал	Абразивный материал	Зернистость	Связка	Твердость	Структура
Сталь сырая .	Э	24—36	К, Б	СМ2—С1	8
Сталь закаленная	Э	24—36	Б	М3—СМ1	8
Сталь хромоникелевая	Э	16—36	К	М2—СМ1	8
Сталь быстрорежущая закаленная	Э, ЭБ	24—36	К	М2—М3	8
Чугун . .	К	24—36	К	М2—СМ2	7
Латунь и бронза мягкая .	КЧ	24—36	К	М3—СМ1	8
Бронза твердая	Э	24—36	К	М2—М3	8
Алюминий	Э	16—36	К	М2—М3	8

§ 2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ РАБОТ

Крепление деталей при шлифовании может производиться или непосредственно к столу станка прижимными планками (фиг. 56, *а*), или же клиньями, как указано на фиг. 56, *б*. Однако такое крепление применяется редко и только в том случае, если детали



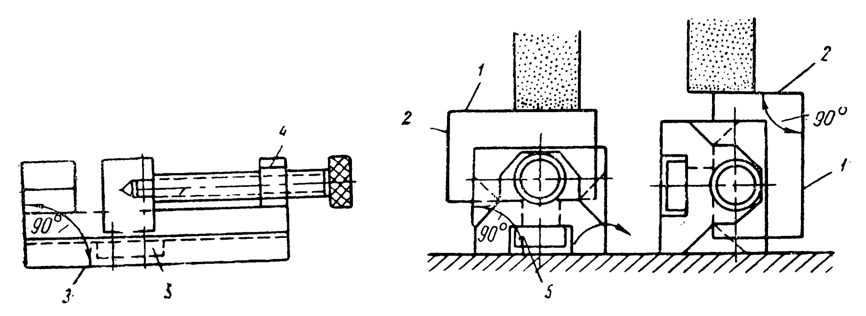
Фиг. 56. Крепление прижимной планкой и клиньями.

не могут быть закреплены на магнитной плите или в других приспособлениях.

Тиски. Для быстрого закрепления небольших предметов употребляют тиски разных конструкций, одна из которых представлена на фиг. 57. Такие тиски устанавливаются на магнитном столе плоскошлифовального станка. Их неподвижная губка составляет одно целое с корпусом *3*. С другой стороны корпуса имеется выступ *4*, выполняющий роль гайки зажимного винта. В корпусе имеется паз *5* для прохода выступа подвижной губки *6*. Верхняя часть корпуса образует направляющие для этой губки. В нижней его плоскости

имеются отверстия с резьбой для крепления тисков к различным приспособлениям.

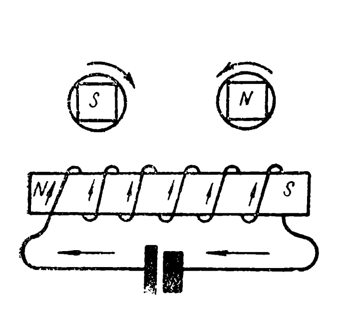
Тиски изготовлены из стали, закалены и точно отшлифованы со всех сторон под углом 90° друг к другу. После шлифования первой стороны детали достаточно повернуть тиски набок, чтобы ее другая сторона *2* оказалась под кругом. Так как все стороны тисков



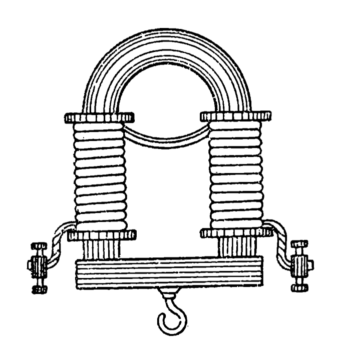
Фиг. 57. Закрепление деталей тисками.

расположены под углом 90°, поверхности *1* и *2* детали будут отшлифованы перпендикулярно друг другу.

Электромагнитная плита. Особенно широкое применение при шлифовании имеют магнитные плиты разных конструкций. Устройство электромагнитной плиты основано на следующем принципе.



Фиг. 58. Магнитное действие тока.

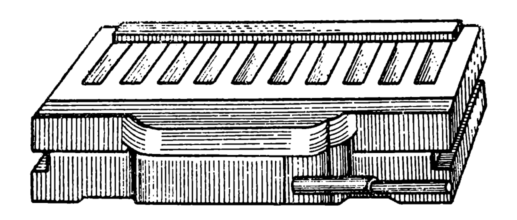


Фиг. 59. Подковообразный магнит.

Если на железный сердечник (фиг. 58) навить проволоку и в нее включить постоянный ток, железо сердечника намагнитится. Если теперь поднести к одному из концов сердечника стальной предмет, то он с большой силой притянется к этому сердечнику. После прекращения действия тока в обмотке сердечника прекратится и его магнитное действие. Можно согнуть такой сердечник (фиг. 59) в виде подковы и также пропустить ток через его обмотку. В этом случае магнит будет еще сильнее. Соединив подобные подковообразные магниты в группу, мы получим магнитную плиту (фиг. 60).

Полюсы магнитов, выведенные на верхнюю часть плиты, тщательно изолируются от ее тела особым не магнитным сплавом или медью, благодаря чему излучаемые ими магнитные силы не рассеиваются в теле плиты, а направляются непосредственно в тело детали. К электромагнитной плите могут притягиваться только магнитные металлы, т. е. такие, как сталь, железо и чугун.

Электромагнитные плиты бывают различных размеров и формы: круглые и прямоугольные. Для питания их, как было указано, пригоден только постоянный ток, поэтому для них необходимы промежуточные приборы, преобразующие переменный ток в постоянный.



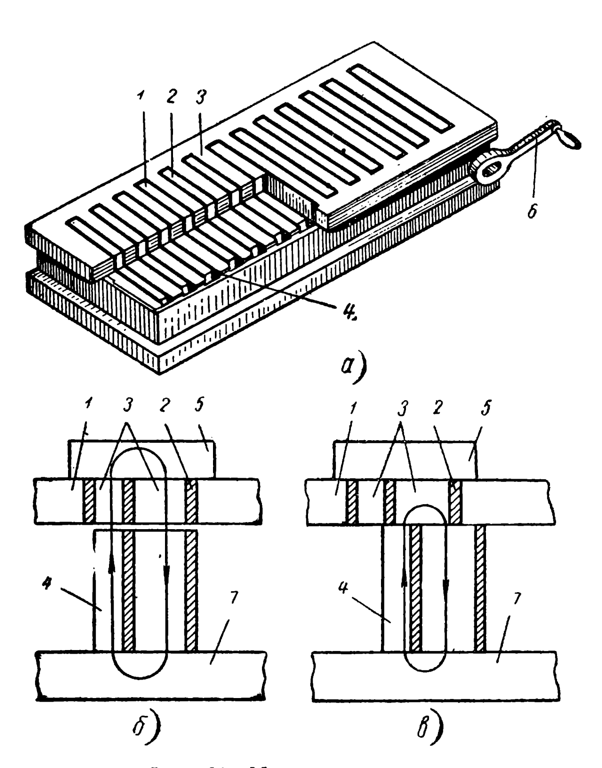
Фиг. 60. Электромагнитная плита.

Основной недостаток в работе магнитных плит состоит в возможности их частого повреждения. Порча их вызывается, главным образом, проникновением внутрь стола охлаждающей жидкости, которая может производить короткое замыкание в обмотках катушек. Магнитные столы, на которых шлифование производится всухую, служат значительно дольше. Поэтому, если работать без охлаждения нельзя, то нужно тщательно следить за тем, чтобы вода тотчас же по окончании работы удалялась с поверхности стола.

Магнитная плита. На шлифовальных станках применяются и магнитные плиты. Они притягивают деталь при помощи постоянных магнитов, находящихся в самой плите. Плиты этого типа имеют серьезное преимущество перед электромагнитными, состоящее в том, что для их эксплуатации не требуется специальных генераторов и выпрямителей с проводкой и распределительными устройствами. Магнитные плиты могут быть использованы также и для закрепления деталей на других работах: при шабрении, разметке и т. д.

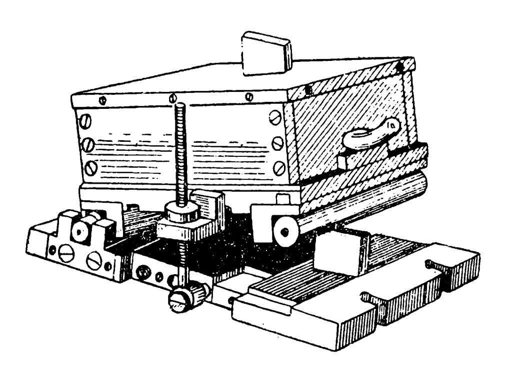
Конструкция прямоугольной магнитной плиты и принцип ее работы изображены на фиг. 61. Верхняя ее часть сделана из железных пластин *1* и *3* с немагнитными прослойками *2* между ними. Сильные постоянные магниты *4* можно перемещать, замыкая их то на железные пластинки, то на закрепляемую деталь *5*. Положением, показанным на фиг. 61, *б*, пользуются при закреплении деталей *5*, а положением (фиг. 61, *в*) — во время их снятия или установки. Переключение магнитов производится при помощи рукоятки *6*. Нижняя часть плиты *7* закрепляется на столе станка.

Синусные магнитные плиты. Эти плиты применяются для шлифования деталей под различными углами. Синусные плиты устанавливаются на обычной магнитной плите или же закрепляются на основном столе станка. На фиг. 62 изображен внешний вид синусной магнитной плиты, на фиг. 63 — ее продольный разрез. Внутри плиты помещается магнитный блок, состоящий из постоянных магнитов *12*,



Фиг. 61. Магнитная плита:

а — общий вид; *б* — положение магнитов при закреплении детали; *в* — то же при установке и снятии детали.

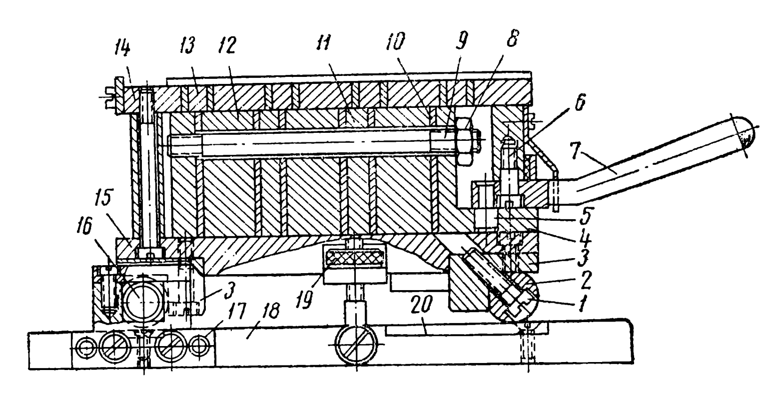


Фиг. 62. Синусная магнитная плита.

пластин из железа армко *11* и немагнитных прокладок *10*, расположенных в определенной последовательности и скрепленных двумя латунными шпильками *9* и гайками *8*.

Закрепление и освобождение деталей осуществляется поворотом рукоятки эксцентрика *7* вокруг оси винта *6*. Палец *5*, запрессованный в эксцентрик, скользит по пазу угольника *4* магнитного блока. На фиг. 63 показан магнитный блок выключенным. В таком положении магнитные силовые линии пойдут через пластины из железа армко, минуя деталь, которую можно легко снять с плиты.

Для закрепления детали повертывается рукоятка эксцентрика *7* и магнитный блок перемещается. В результате пластины *11* совпа-



Фиг. 63. Продольный разрез синусной магнитной плиты.

дут со вставками *13* верхней плиты *14* и магнитные силовые линии, выходящие из постоянных магнитов *12*, пройдут через верхнюю плиту *14*, шлифуемую деталь, вставки *13*, пластины *11* и замкнутся на плите *15*.

Для установки детали на заданный угол под ролик *2*, имеющий диаметр $20 \pm 0{,}002$ *мм* и привернутый винтами *1* к угольникам *3*, подкладывается необходимый блок концевых мер длины.

Синусная магнитная плита смонтирована на плите *15* и может повертываться на роликах *16*, вращаясь в закаленных стойках *17*, соединенных с основанием *18*. Блок концевых мер длины кладется на закаленную и доведенную планку *20*, закрепленную в пазу основания *18*. Поворотная часть плиты, после того как под ролик *2* будет подложен блок концевых мер, закрепляется с двух сторон гайками *19*.

Размер блока концевых мер, нужный для соответствующего наклона синусной плиты на угол α равен:

$$h = L \sin \alpha ,$$

где h — искомый размер блока концевых мер в *мм*;

L — расстояние между центрами роликов плиты в *мм*.

§ 3. ВЫБОР РЕЖИМА ШЛИФОВАНИЯ

Окружная скорость круга выбирается по табл. 10.

Таблица 10

Средние скорости шлифовальных кругов при плоском шлифовании

Вид шлифования	Обрабатываемый материал	Средние скорости шлифовальных кругов в *м/сек*	
		при обдирочном шлифовании	при чистовом шлифовании
Шлифование периферией	Чугун	20—22	22—25
	Сталь	22—25	25—30
Шлифование торцом	Чугун	15—18	18—20
	Сталь	18—20	20—25

Плоское шлифование переферией круга. Выбор глубины шлифования при черновой обработке можно производить из следующих данных:

Продольная подача (в долях высоты шлифовального круга *H*)	Глубина шлифования в *мм*
0,25	0,075—0,025
0,35	0,005—0,02
0,50	0,005—0,016
0,75	0,005—0,014

При черновом шлифовании подача детали изменяется от 5 до 40 *м/мин* в зависимости от продольной подачи круга и глубины шлифования.

Режим работы при чистовом шлифовании можно выбирать по табл. 11.

Плоское шлифование торцом круга. При работе на станках с круглым столом режим шлифования при работе цельными чашечными и кольцевыми кругами (форма ЧК, ЧЦ, 1К и 2К по ГОСТ 2424—52) может быть выбран из табл. 12.

Таблица 11

Режим чистового шлифования периферией круга

Глубина шлифования в *мм*	Подача детали в *м/мин*	Продольная подача
0,003 — 0,005	50—60	0,25*H*
0,005 — 0,0075	40—50	0,25*H*

При работе на станках с прямоугольным столом подачу детали (скорость движения стола) принимают от 1 до 12 *м/мин.*

Величины этих же подач при чистовом шлифовании плоскостей на станках с круглым столом в зависимости от диаметра детали и материала указаны в табл. 13.

Таблица 12

Режимы шлифования торцом кольцевых и чашечных кругов с характеристикой 36М1

Вид шлифования	Глубина шлифования в *мм*	Подачи детали в *м/мин*	
		при ширине шлифуемой поверхности 100—200 *мм*	при ширине шлифуемой поверхности 200—300 *мм*
Очень точное .	0,006—0,015	10	7
Точное .	0,005—0,015	25—30	20—25
Обычное	0,005—0,015	35—40	25—30

Предположим, что требуется начерно шлифовать стальную деталь периферией круга. Тогда средняя скорость круга согласно табл. 10 будет 22—25 *м/сек*; глубина шлифования при продольной подаче, равной половине высоты круга, может быть от 0,005 до 0,016 *мм*. При чистовом шлифовании режим будет следующий: средняя скорость шлифовального круга 25—30 *м/сек;* глубина шлифования 0,003—0,005 *мм;* продольная подача 0,25 высоты круга; подача детали 60—90 *м/мин.*

Таблица 13

Подачи детали при шлифовании плоскостей на станках с круглым столом в *м/мин*

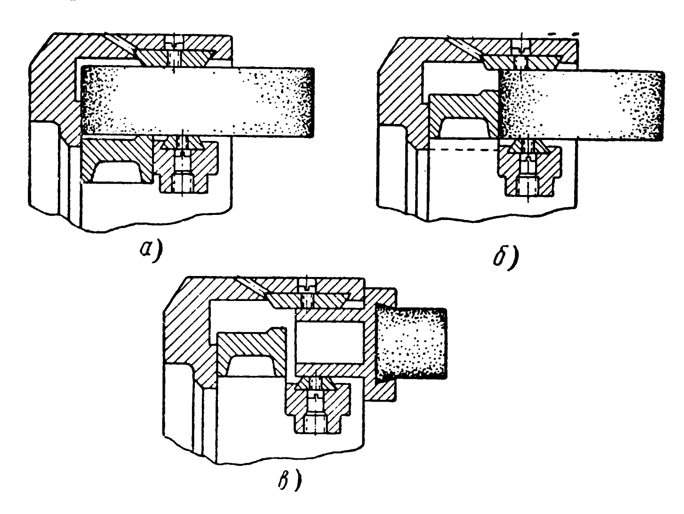
Диаметр детали в *мм*	Материал детали		
	незакаленная сталь	закаленная сталь	чугун
20—60	15—28	13—25	19—35
60—120	20—36	18—32	25—45
120—200	25—45	23—40	30—50
200—300	30—50	27—50	37—68

§ 4. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ ИЗ ВСТАВНЫХ СЕГМЕНТОВ

Плоское шлифование цельными шлифовальными кругами большого диаметра экономически невыгодно в связи с большими отходами, повышенным теплообразованием и возможностью поломки их при транспортировке. Кроме того, в случае появления трещины или частичного разрушения круга приходится целиком заменять его и терять значительное количество совершенно годного абразивного материала. Эти неудобства устраняются в случае применения кругов из вставных абразивных сегментов по ГОСТ 2464—52. Такие сегменты при поломке одного или нескольких из них могут быть легко заменены новыми.

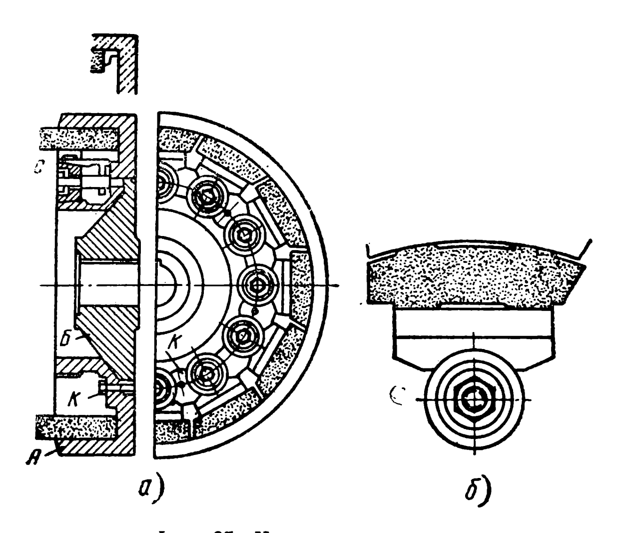
Вставные сегменты используются почти до полного износа. Так, на фиг. 64, *а* показано крепление нового сегмента, а на фиг. 64, *б* изношенного до половины высоты. Крепление в последнем случае производится при помощи прокладки, вставленной между корпусом го-

ловки и сегментом. При значительном износе сегмента (фиг. 64, *в*) в гнездо шлифовальной головки вставляют державку и закрепляют в ней оставшуюся часть сегмента.



Фиг. 64. Крепление сегментов.

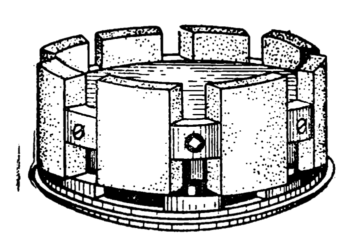
На фиг. 65, *а* показана конструкция шлифовальной головки для закрепления сегментов. Корпус головки *А* соединяется болтами *К*



Фиг. 65. Крепления сегментов.

со средней частью *Б*, которая надевается на шпиндель. Сегменты крепятся прижатием их распором *С* к внутренней части головки *А*. На фиг. 65, *б* показан сегмент в увеличенном виде. Соприкосновение

сегмента с головкой *А* и с распором *С* происходит с каждой стороны по двум площадкам. Это необходимо для того, чтобы при закреплении сегмента не могло произойти его искривления или поломки. По мере изнашивания сегменты выдвигаются из корпуса головки. Опорами для сегментов служат прокладочные кольца.



Фиг. 66. Сегментная шлифовальная головка.

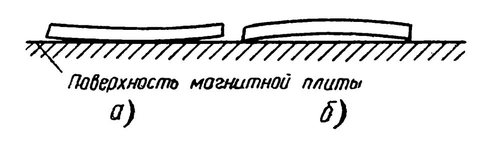
На фиг. 66 показана другая конструкция головки. Головка имеет восемь сегментов, укрепленных четырьмя зажимами, расположенными через одну неподвижную опору. Конструкция головки такова, что, освобождая один зажим, можно вынуть сразу два сегмента. По мере износа высота сегментов уменьшается, а поэтому под них подкладываются прокладки.

§ 5. ОБРАБОТКА ТОНКИХ ДЕТАЛЕЙ

Шлифование тонких листовых деталей на магнитном столе плоскошлифовального станка требует предварительной подготовки их плоскостей. Вогнутость или выпуклость плоскости у таких деталей, образовавшаяся после строгания или фрезерования, не может быть устранена при обычной установке их на магнитной плите, так как магниты, притягивая деталь, выпрямляют ее. После снятия со стола она вновь принимает первоначальную форму.

Листовые детали особенно подвержены короблению. Направление их изгиба всегда одинаково, причем вогнутость образуется со стороны шлифовального круга. Лучший способ предупредить коробление — это снятие одинаковых слоев металла с обеих сторон пластинки. Тогда пластинка остается прямой или незначительно изогнутой.

Для соблюдения параллельности плоскостей у таких деталей шлифование необходимо вести следующим образом. Деталь нужно поставить выпуклостью кверху и шлифовать до получения прямолинейности, затем перевернуть ее на обработанную плоскость и от нее выдержать размер. Так как первая поверхность получит также небольшую выпуклость, приходится делать несколько проходов и несколько перевертываний.

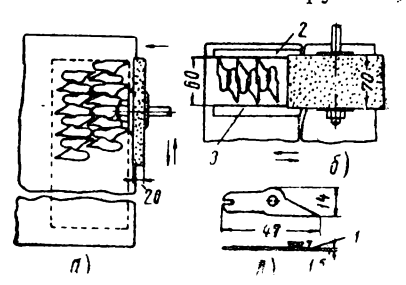


Фиг 67. Установка тонких пластин на магнитном столе:
а — выпуклостью вниз;
б — выпуклостью вверх.

Для сокращения числа проходов применяют такой прием: пластинки кладут выпуклостью вниз, как показано на фиг. 67, *а*. Для шлифования первой стороны выбирают несколько более интенсивный режим резания, чтобы деталь стала прямолинейной или приняла вид, изображенный на фиг. 67, *б*. Однако этим способом нужно пользоваться осторожно, так как легко допустить брак.

§ 6. ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

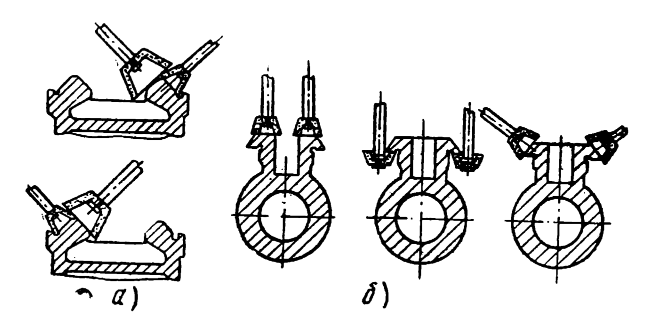
Непрерывное совершенствование технологических процессов и приемов работы новаторами производства дает огромный эффект в повышении производительности труда. Повышение производительности труда достигается новаторами за счет правильного выбора способов шлифования, шлифования несколькими кругами, применения фасонных кругов, использования метода позиционной обработки, применения рациональных способов установки, выверки и измерения шлифуемых деталей.



Фиг. 68. Изменение метода шлифования новаторами производства:

а — деталь; *б* — скорый метод (метод многократных проходов); *в* — новый метод (метод врезания).

Известно, что способ подрезки более производительный, чем способ многократных проходов. На фиг. 68, *а* показана шлифуемая деталь. Такие детали при обработке раньше для шлифования укладывались в два ряда (фиг. 68, *б*). Шлифовщик т. Москалев изменил процесс обработки. Он стал укладывать их в один ряд между двумя упорными планками *2* и *3* (фиг. 68, *в*). Ширина круга была выбрана 70 *мм,* чтобы круг перекрывал ширину уложенных деталей. При старом методе обработки на одну деталь затрачивалось



Фиг. 69. Использование новаторами способа одновременного шлифования несколькими кругами:

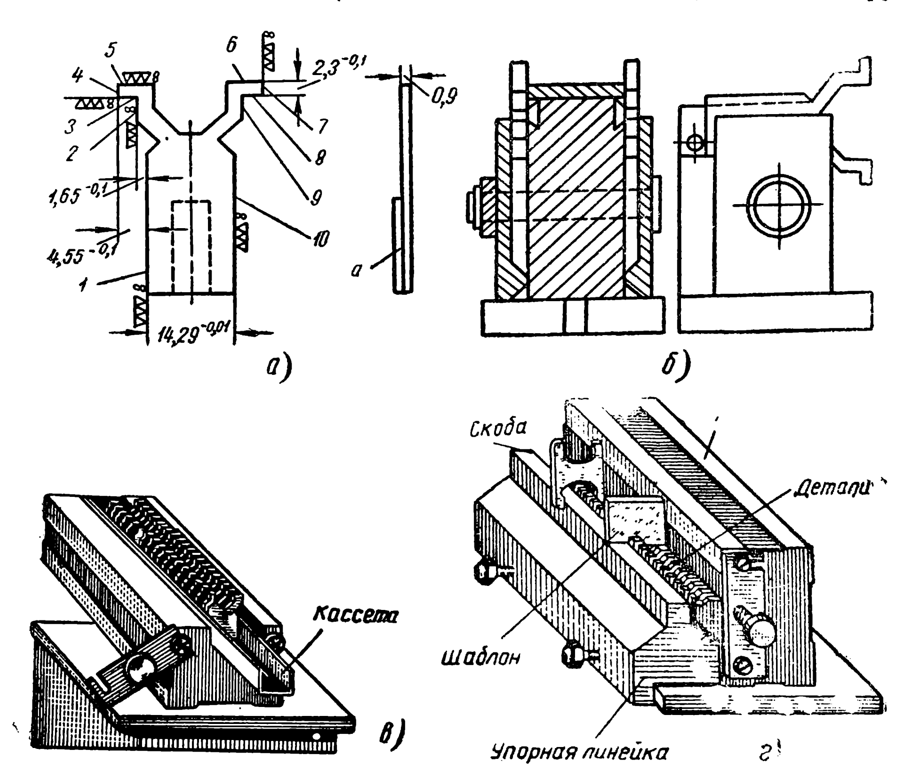
а — направляющих станины; *б* — бабки станины.

0,82 мин., по новому методу т. Москалев стал затрачивать всего лишь 0,16 мин. На фиг. 69, *а* показаны схемы шлифования направляющих станины, а на фиг. 69, *б* обработка деталей типа бабок одновременно двумя кругами, установленными на шпинделях двух шлифовальных головок.

Весьма эффективным средством повышения производительности труда является совмещение затрат вспомогательного времени с машинным. Это достигается применением способа позиционной обработки, при которой установка одной детали производится во время

обработки другой. Разберем этот способ несколько подробнее на примере работы шлифовщика т. Строилова.

На фиг. 70, *а* изображена деталь, при обработке которой Строилов добился выполнения свыше 11 норм в смену. Процесс шлифования велся в следующем порядке. Вначале обрабатывались поверхности *1* и *10*. Эти поверхности должны быть параллельны друг



Фиг. 70. Изменение технологического процесса шлифования детали: *а* — деталь; *б* — старая установка в приспособлении; *в* — новая конструкция приспособления; *г* — процесс измерения в приспособлении.

другу, а также клиновому выступу *а*. Установка детали в приспособлении (фиг. 70, *б*) производилась по этому выступу. В клиновые пазы приспособления устанавливалось по две детали, и первые две поверхности шлифовались с двух установок.

В следующей операции использовалось это же приспособление для шлифования поверхности *2*, *3* и *4* с одной установки, поверхности *7*, *8* и *9* — со второй и, наконец, поверхности *5* и *6* — с третьей установки. В последнем случае корпус приспособления закреплялся на специальном угольнике, установленном на магнитной плите. По этому технологическому процессу на обработку одной детали требовалось 5—8 мин.

Шлифовщик-новатор изготовил свое приспособление для одновременной обработки вначале 160 деталей, а впоследствии 215 дета-

лей. Приспособление (фиг. 70, *в*) представляет собой корпус с рядом параллельно расположенных относительно основания и боковых плоскостей. Эта конструкция приспособления дала возможность не только увеличить количество закрепляемых деталей, но и сократить число установок стрел до одной. Пользуясь этим приспособлением, новатор стал производить работу при трех положениях: а) шлифование поверхностей *2, 3* и *4* в приспособлении, лежащем на боковой стороне; б) шлифование поверхностей *7, 8* и *9* — в лежащем на другой боковой стороне; в) шлифование поверхностей *5* и *6* в приспособлении, установленном на основании.

Такая схема обработки сократила вспомогательное время, в частности, время на промер: здесь достаточно проверить первую, последнюю и среднюю детали, чтобы убедиться в том, что все остальные выполнены с такими же отклонениями. Применение в данной конструкции выдвижной кассеты позволило осуществить укладку деталей в кассету приспособления контролером, проверяющим правильность выполнения предыдущей операции. К этому приспособлению была изготовлена специальная упорная линейка (фиг. 70, *г*), устанавливаемая на магнитный стол и обеспечивающая параллельность установки приспособления ходу стола. Одновременно эта линейка служила и базой при измерениях.

Еще одно предложение новатора было направлено на повышение режимов шлифования за счет выбора шлифовального круга большой твердости и увеличения подачи детали.

Рассмотренные примеры показывают те направления, по которым идут новаторы производства в борьбе за высокую производительность труда.

§ 7. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

Для контроля размеров деталей и правильности их геометрической формы при плоском шлифовании применяются различные инструменты. Измерение геометрических размеров производится, главным образом, микрометрами и скобами, а более точные измерения — миниметрами.

Контроль плоскостности производится острым ребром лекальной линейки, накладываемой на проверяемую плоскость, и наблюдением за величиной просвета между ними. Величина этого просвета измеряется щупом. Параллельность между внешними плоскостями устанавливается микрометром или другими измерительными инструментами. Параллельность внутренних стенок измеряется в зависимости от заданной точности: шаблоном, концевыми мерами длины плитками и оптиметром.

Перпендикулярность плоскостей, образующих внутренние и внешние прямые углы, устанавливается угольниками. Измерение любого углового профиля в зависимости от точности производится угловыми мерами (точность 1′), угломерами (точность 2′), универсальными и оптическими угломерами (точность 5′) и, наконец, шаблонами.

§ 8. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

При плоском шлифовании, как и при других видах шлифования, имеют место следующие виды брака.

Нарушение заданного размера детали, происходящее при употреблении непроверенного измерительного инструмента, измерении нагретой детали, а также по небрежности рабочего. Поэтому необходимо систематически проверять перед измерением состояние измерительных инструментов, подвергать измерению только остывшие детали и быть внимательным к работе.

При неправильном выборе шлифовального круга, недостаточном охлаждении, слишком большой поверхности соприкосновения круга с деталью и интенсивном режиме шлифования могут возникать прижоги. Устранить прижоги можно, работая шлифовальным кругом пониженной твердости, увеличением интенсивности охлаждения, уменьшением поверхности соприкосновения шлифовального круга с деталью (при торцовом шлифовании переход на работу с меньшим количеством сегментов в головке) и, наконец, снижением режима шлифования.

Поверхностные трещины появляются в результате недостаточности охлаждения или повышенных режимов шлифования. В этих случаях необходимо наладить обильное и беспрерывное поступление охлаждающей жидкости и подобрать необходимый режим шлифования.

Один из наиболее распространенных видов брака — это плохое качество обработанной поверхности. Ее плохое качество может выражаться в наличии следов предварительной обработки грубых штрихов, рисок, выхватов, завалов поверхности и следов дробления.

Следы предварительной обработки остаются при недостаточной величине припуска на шлифование, неправильном его распределении шлифовщиком, наличии грязи между деталью и магнитной плитой. Для предупреждения этих дефектов следует оставлять надлежащие припуски под шлифование, шлифование первой стороны вести только до удаления следов предыдущей обработки и тщательно протирать плиту и деталь перед установкой.

Наличие грубых штрихов на обработанной поверхности и рисок свидетельствует о неправильном выборе зернистости круга, загрязненности охлаждающей жидкости, применении чрезмерно больших подач и грубой правке шлифовального круга. Необходимо сменить круг, регулярно менять охладающую жидкость, зачистные проходы производить с меньшими подачами и сменить или качественно выправить шлифовальный круг.

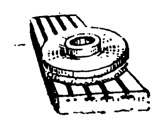
Выхваты и завалы кромок представляют собой местные углубления в металле, получающиеся в результате несвоевременной правки круга, неправильной подачи, недостаточной жесткости шпинделя шлифовальной бабки и больших зазоров в механизмах станка. Мерами исправления этих дефектов являются необходимый ремонт, работа на меньших режимах, а также качественная и своевременная правка кругов.

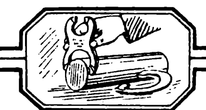
Дробленая поверхность (огранка при круглом шлифовании) получается вследствие неуравновешенности круга при малой жесткости и повышенных зазорах в механизмах станка, грубой сшивке ремня, неплавном движении стола, плохом креплении детали и неправильном выборе шлифовального круга. Меры предупреждения состоят в устранении указанных ненормальностей работы.

Несоблюдение геометрической формы детали — не менее распространенный вид брака. К нему следует отнести: непараллельность, вогнутость или выпуклость и несоблюдение углового расположения плоскостей. Непараллельность есть результат забоин и грязи на поверхности магнитной плиты и детали, износа направляющих стола или бабки шлифовального круга, неправильной установки приспособления и деталей, а также результат неточности самих приспособлений.

Помимо указанных причин, на образование вогнутости и выпуклости влияет и неисправность магнитной плиты, если не все ее полюсы работают и крепят детали.

Нарушение правильности углового расположения поверхностей происходит в результате неточности в приспособлении и при невнимательности шлифовщика, проявленной им при установке деталей и приспособлений.





ГЛАВА VII

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

§ 1. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Если детали изготовляются с такой точностью, что они могут быть поставлены при сборке на свое место в машине без всякой дополнительной обработки или пригонки, то они называются взаимозаменяемыми. Автомобили, швейные и другие машины получили большое распространение лишь потому, что их детали можно заменять при поломке или износе новыми без дополнительной обработки, как будто они заранее были пригнаны именно к этой машине.

Взаимозаменяемость является основой современного массового производства, так как она дает возможность:

1. Изготовлять не только целые машины, но и запасные части к ним, что сильно удешевляет и упрощает ремонт и эксплуатацию машин. Допустим, что у нас нет взаимозаменяемых деталей, тогда при необходимости замены поломанной или изношенной детали надо будет доставить машину или ее часть в ремонтный цех или мастерскую. Здесь будет изготовлена новая деталь и пригнана по «месту». Такая ремонтная операция, во-первых, обойдется очень дорого и, во-вторых, приведет к длительному простою машины. При наличии же взаимозаменяемых деталей ремонт машины сведется, главным образом, к удалению поломанной или изношенной детали и постановке на ее место новой в очень короткое время.

2. Сократить время сборки машин и необходимые для этой цели производственные площади за счет устранения дополнительных пригоночных работ.

3. Осуществить специализацию заводов и их широкое кооперирование по изготовлению отдельных деталей или узлов машины. Примерами подобной специализации заводов в производстве взаимозаменяемых деталей могут служить заводы по изготовлению шарикоподшипников, автомобильных шин и т. д. Исключительно ярко проявляются преимущества производства взаимозаменяемых деталей на заводах массового изготовления деталей, где достигается наивысшая производительность труда при наименьшей себестоимости продукции.

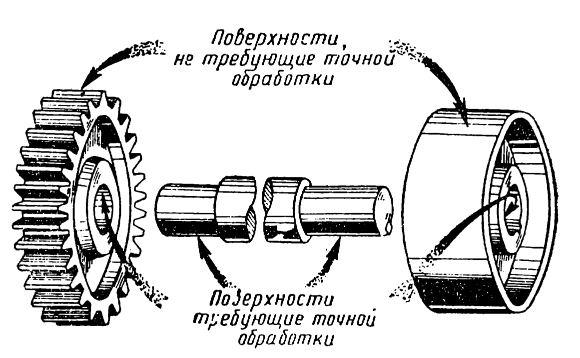
Принцип взаимозаменяемости в современном машиностроительном заводе соблюдается не только при механической обработке и

сборке, но и во всех заготовительных цехах завода. Заготовки, поступающие в механический цех из кузнечного, литейного, штамповочного и других цехов, имеют не только малые припуски на обработку, но и мало отличаются по величине.

§ 2. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Точность обработки — это степень приближения действительного размера детали к размеру, указанному на чертеже. Чем меньше разность между действительным размером и размером, проставленным на чертеже, тем точность обработки выше.

Получить высокую точность исполнения размера трудно, а добиться абсолютной точности невозможно. Поэтому всегда стремятся работать, выполняя размеры детали с наименьшей точностью, насколько это позволяет конструкция машины. Дело в том, что требования к точности отдельных размеров различны и зависят от их назначения и требований, которым должна удовлетворять работа машины. Нет, например, никакой необходимости точно выполнять размеры тех поверхностей, которые не сопрягаются с поверхностями других деталей (фиг. 71). Наоборот, поверхности соприкосновения должны быть обработаны с необходимой, более высокой степенью точности. Так, нецелесообразно, например, точное исполнение наружных поверхностей ручек рычагов управления машиной. Наоборот, необходимо точно обработать центральные отверстия у зубчатых колес, шкивов, а также наружные цилиндрические поверхности валов, входящие в эти отверстия.



Фиг. 71. Поверхности и точность их обработки.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

Самым распространенным видом соединения двух деталей в машине служит соединение цилиндрического стержня с такой же втулкой. Когда идет речь о точности обработки, первую сопрягаемую поверхность принято называть валом, вторую — отверстием. Так, в соединении поршень — цилиндр наружная поверхность поршня соответствует поверхности вала или просто валу, а внутренняя поверхность цилиндра — отверстию. В соединении призматической шпонки с канавкой вала шпонку условно называют валом, а паз, выполненный на валу для установки шпонки,— отверстием.

Номинальные размеры. Размер, который получается в результате расчета и проставляется на чертеже, называется номинальным. Однако не любой расчетный размер может быть принят за номинальный. Дело в том, что существуют стандартные ряды номинальных размеров (ГОСТ 6636—52), принимаемые за номинальные размеры диаметров и длины. Эти ряды образуют геометрическую прогрессию, со значениями знаменателя прогрессии $\sqrt[5]{10}$; $\sqrt[10]{10}$; $\sqrt[20]{10}$; $\sqrt[40]{10}$; Другими словами, в основу этих рядов стандартных чисел положен принцип десятичности. Так, например, ряд 40а имеет следующие числа: 1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,2; 5,5; 5,8; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 и 10. Путем переноса запятой вправо или влево соответственно получаем большие или меньшие числа. Например, 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000 и 10 000. По этому ГОСТ предусмотрены стандартные числа от 0,001 до 20 000. Поэтому при расчете конструктор обязан округлить расчетный размер до ближайшего номинального. Ограничения в выборе номинальных размеров обусловлены тем, чтобы в производстве применялось меньшее количество типоразмеров режущих и измерительных инструментов. Уменьшение количества применяемых в производстве типоразмеров инструментов имеет огромное экономическое значение для машиностроительной промышленности.

Предельные размеры. Чтобы указать границы, между которыми может находиться номинальный размер, необходимо устанавливать его наибольшие и наименьшие величины, называемые предельными размерами. Один из них называется наибольшим, другой наименьшим предельным размером.

Разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером называется верхним отклонением. Разность между наименьшим предельным размером и номинальным называется нижним отклонением.

Допуск. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется допуском.

Допуск показывает неточность, с которой разрешается выполнить номинальный размер.

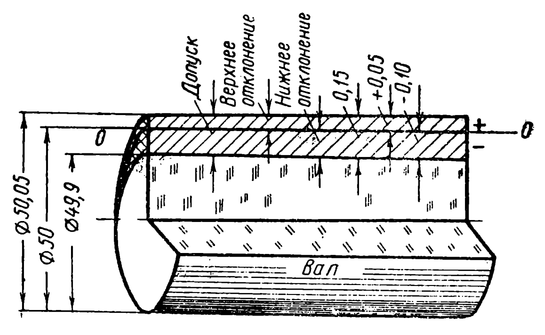
Пусть, например, требуется изготовить вал (фиг. 72), номинальный диаметр которого равен 50 *мм*. Наибольший допустимый размер этого вала по заданию может быть равен 50,05 *мм*, а наименьший — 49,9 *мм*. Линия *ОО*, видимая на фигуре, ограничивает номинальный диаметр детали.

Для данного случая наибольшим предельным размером служит 50,05 *мм*, наименьшим размером — 49,9 *мм*. Разность между 50,05 *мм* — 49,9 *мм* = 0,15 *мм* составляет допуск. Верхнее отклонение равно: 50,05 — 50,00 = + 0,05 *мм*. Знак плюс указывает, что верхнее отклонение лежит выше линии *ОО*, т. е. выше линии номинального размера. Нижнее отклонение: 49,9 — 50 = — 0,1 *мм*. Знак

минус указывает, что нижнее отклонение лежит ниже линии номинального размера.

Размер вала, полученный после обработки, как уже известно, носит название действительного размера. Этот размер может быть равен 50,05 *мм* и может иметь любые промежуточные размеры между 50,05 и 49,9 *мм* и определяется непосредственно измерением.

Проставление допусков на чертежах. На чертеже приведенный в примере номинальный размер и его отклонения обозначаются так: $50^{+0{,}05}_{-0{,}10}$.



Фиг. 72. Основные понятия о допусках.

Следует отметить, что отклонения, равные нулю, на чертеже не проставляются. В этом случае наименьший предельный размер равен номинальному. Так, например, предположим, что на чертеже проставлен размер $50^{+0{,}3}$. Здесь верхнее отклонение + 0,3 *мм,* нижнее — 0. Наибольший предельный размер равен $50^{+0{,}3}$, наименьший предельный размер — 50 *мм,* допуск равен: 50,3 — 50 = 0,3 *мм*. При одинаковых числовых величинах верхнего и нижнего предельных отклонений проставляется их общая величина со знаками. Например, вместо $45^{+0{,}2}_{-0{,}2}$ проставляется 45 ± 0,2.

Зазоры и натяги. Зазором называется разность между диаметром отверстия и диаметром вала, если диаметр отверстия больше диаметра вала. Наибольший зазор представляет собой разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала. Наименьший зазор — это разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Рассмотрим это на примере. Пусть размер вала равен $30^{-0{,}02}_{-0{,}04}$, а размер отверстия — $30^{+0{,}027}$. Тогда наибольший предельный размер вала будет равен: 30 — 0,02 = 29,98, а номинальный: 30 — 0,04 = 29,96 *мм.* Допуск в данном случае определится следующим образом: 29,98 — 29,96 = 0,02 *мм.* Наибольший предельный размер отверстия вычисляется так: 30 + 0,027 = 30,027 *мм.* Понятно, что наименьший предельный размер равен 30 *мм,* а допуск 30,027 — 30,000 = 0,027 *мм.* В этом соединении диаметр вала меньше диаметра отверстия и, следовательно, между отверстием и валом есть зазор. Наибольший зазор равен: 30,027 — 29,960 = 0,067 *мм;* наименьший зазор: 30 — 29,98 = 0,02 *мм.*

Натягом называется разность между диаметром вала и диаметром отверстия, если диаметр вала больше диаметра отверстия. Наибольший натяг — разница между наибольшим предельным раз-

мером вала и наименьшим предельным размером отверстия. Наименьший натяг — разница между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия.

Иллюстрируем сказанное примером. Диаметр вала: $35^{+0,10}_{+0,05}$; диаметр отверстия: $35^{+0,027}$. Тогда наибольшим предельным размером вала будет 35,10 *мм,* наименьшим 35,05 *мм.* Допуск равен: 35,10 — — 35,05 = 0,05 *мм.* Соответственно наибольший предельный размер отверстия равен 35,027 *мм,* наименьший 35 *мм.* Допуск соответствует величине 0,027 *мм.* В этом соединении размер вала больше размера отверстия и, следовательно, существует натяг. Наибольший натяг равен: 35,10 — 35 = 0,10 *мм,* наименьший: 35,05 — 35,027 = 0,023 *мм.*

Посадки. Сопряжения отдельных поверхностей деталей друг с другом могут быть разнохарактерными в зависимости от условий работы этих деталей в машине. Например, если вал должен вращать насаженный на него шкив или, наоборот, шкив должен передавать вращение валу, сопряжение их должно быть неподвижным. В других случаях может потребоваться, чтобы соединение позволяло свободно перемещаться одной детали относительно другой (например, вал в подшипнике). Подобный характер соединения двух деталей, определяемый величиной зазора или натяга, называется посадкой.

Существуют две основные группы посадок: неподвижные и подвижные.

Посадкам, согласно ОСТ, присвоены следующие наименования и обозначения (в порядке убывающих натягов и возрастающих зазоров):

Неподвижные посадки		Подвижные посадки	
Горячая	Гр	Скользящая	С
Прессовая	Пр	Движения	Д
Глухая	Г	Ходовая	Х
Тугая	Т	Легкоходовая	Л
Напряженная	Н	Широкоходовая	Ш
Плотная	П		

Горячую посадку применяют для соединения двух деталей намертво. Для этой цели деталь с отверстием нагревают до температуры 500°, вследствие чего диаметр ее отверстия увеличивается. Нагретая деталь свободно насаживается на холодный вал и после остывания прочно его охватывает.

Для неподвижного соединения деталей, передающих значительные мощности без применения шпонок и штифтов, применяют прессовую посадку. Прессовая посадка деталей друг в друга производится с помощью пресса при значительном давлении (посадка втулок в подшипники и ступицы зубчатых колес, пальцев — в кривошипы и т. п.).

Глухая посадка применяется, если необходимо получить такое соединение деталей, при котором они должны плотно сидеть одна в другой и редко разбираться. Посадка осуществляется с помощью пресса или ударов молотка через прокладку. Во избежание проскаль-

зывания одной детали относительно другой в местах соединения ставят шпонки и штифты (посадка втулок в корпуса пошипников, соединительных муфт — на концах валов и т. п.).

Тугая посадка применяется при необходимости иметь такое соединение, при котором детали должны прочно соединяться и в то же время подвергаться сравнительно частой разборке. Так же, как и при глухой посадке, в этом случае применяют шпонки, штифты и т. д. Сборка и разборка такого соединения производится со значительными усилиями с помощью съемников. Посадка находит применение, например, при установке шкивов и зубчатых колес на валы и т. п.

Если детали должны плотно соединяться и в то же время собираться или разбираться с незначительными усилиями, применяют напряженную посадку (посадка зубчатых колес на шпинделе станка, маховичков и рукояток на валики).

Плотную посадку используют для такого соединения, при котором сборка или разборка должна производиться вручную или легкими ударами деревянного молотка. Примером такой посадки является установка сменных зубчатых колес или съемных маховичков и рукояток на валы.

Для таких соединений, в которых детали должны при наличии смазанной поверхности входить друг в друга от руки, применяют скользящую посадку (посадка фрезы на оправку).

Посадка движения служит для такого соединения, при котором одна деталь может свободно перемещаться относительно другой за счет небольшого зазора между ними (посадка передвижных зубчатых колес, сцепных муфт).

Ходовую посадку применяют при необходимости совершенно свободного перемещения деталей относительно друг друга за счет заметного по величине зазора. Примером ходовой посадки могут служить посадки валов перебора, ползунов в направляющих и т. д.

Если необходима такая посадка, при которой одна деталь должна перемещаться в другой со значительными зазорами и скоростями, применяют легкоходовую посадку, примером которой являются посадки холостых шкивов на валах и валов в подшипниках скольжения.

Широкоходовую посадку применяют тогда, когда необходимо иметь соединение, требующее больших зазоров.

§ 4. СИСТЕМА ДОПУСКОВ

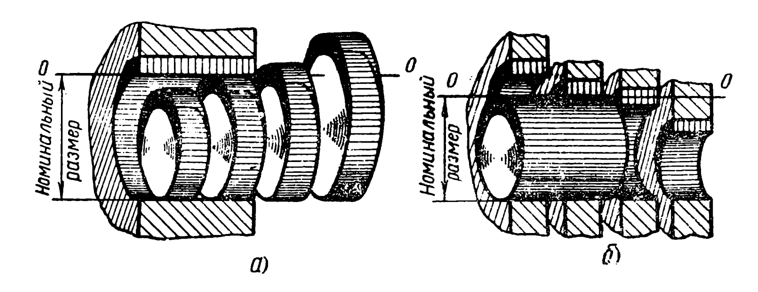
Система допусков подразделяется на систему отверстия и систему вала (фиг. 73).

В системе отверстия предельные размеры отверстия остаются постоянными для всех посадок одного и того же класса точности, а различные зазоры и натяги осуществляются за счет изменения предельных размеров вала. Следовательно, отверстие имеет только одно верхнее отклонение; его нижнее отклонение равно нулю. Таким образом, допуск отверстия в данной системе всегда направлен в сто-

рону его увеличения (в тело) и имеет знак +, а допуски вала могут иметь как положительные, так и отрицательные знаки.

В системе вала, наоборот, предельные размеры вала остаются постоянными для всех посадок. Зазоры же и натяги осуществляются за счет изменения предельных размеров отверстий. В этой системе вал уже имеет только одно нижнее отклонение. Следовательно, допуск вала здесь всегда будет направлен в сторону уменьшения его диаметра со знаком — (минус).

Большинство отраслей машиностроительной промышленности пользуется, главным образом, системой отверстия. Это объясняется



Фиг. 73. Система допусков:
а — система отверстия; *б* — система вала.

тем, что такая система имеет большие преимущества по сравнению с системой вала. Дело в том, что система отверстия требует применения меньшего количества типоразмеров режущих и измерительных инструментов. Это видно из следующего. При окончательной обработке отверстия по данной системе потребуется, например, только одна нормальная развертка. При обработке же такого отверстия на различные посадки по системе вала (например, при втором классе точности) потребуется 12 разверток. Обработка же валов на разные посадки не потребует подобных режущих инструментов, так как они могут быть обработаны универсальными инструментами. Так же обстоит дело и с измерительным инструментом.

Для ряда отраслей промышленности система отверстия все же неприемлема, так как она не позволяет, например, использовать без механической обработки стандартные сорта и размеры проката. Поэтому в текстильном и сельскохозяйственном машиностроении, где широко применяется изготовление валов и других подобных им деталей из холоднотянутого материала без механической обработки, применяется и система вала.

Таким образом, ясно, что выбор той или иной системы допусков зависит от конкретных условий работы данной отрасли промышленности и обусловливается экономическими соображениями.

Классы точности. В настоящее время в СССР принято в Государственном стандарте десять классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8 и 9 классы. Место 6 класса пока свободно.

1 класс точности имеет самые жесткие допуски и применяется сравнительно редко, например, для ответственных сопряжений в точных приборах, в измерительных и делительных машинах, а также при изготовлении шариков, роликов и т. д. Для получения отверстий 1 класса точности следует ориентироваться на чистовое развертывание, шлифование, протягивание, притирку и хонингование. При этом станки должны быть в полном порядке и тщательно выверены. Для изготовления валов 1 класса применяют шлифование черновое и чистовое с малой подачей и последующей притиркой.

2 класс имеет значительно большее распространение; он применяется в точном машиностроении, станкостроении и автотракторостроении. Для получения отверстий 2 класса точности на последних операциях снимается тончайший слой металла. Примерное чередование операций для обработки отверстий этого класса точности следующее: сверление, развертывание черновое первое, развертывание черновое второе, развертывание чистовое. При больших диаметрах отверстий обработка обычно ведется на шлифовальных станках для внутреннего шлифования. Для получения валов 2 класса точности применяется шлифование. Припуск на шлифование должен быть наименьшим.

Класс точности 2а применяется в автотракторостроении, общем машиностроении и в точной механике. Для получения отверстий класса 2а используется тонкое растачивание, зенкерование и шлифование или развертывание после сверления и зенкерования. Для получения валов этого класса точности применяется обычное шлифование, но может быть произведена и тонкая обточка на отделочной стружке.

3 класс точности применяется в тех случаях, когда требования к однородности посадок не так велики, как во 2 классе точности и классе 2а. Этот класс точности широко применяется в точной механике, общем машиностроении и автотракторостроении. Для получения 3 класса точности достаточно сделать операцию сверления и один проход зенкером с последующим развертыванием чистовой разверткой. При тщательной работе и хорошем оборудовании 3 класс точности можно получить чистовым растачиванием. Для получения валов этого класса применяют шлифование или ограничиваются чистовой обточкой.

4 класс точности применяется для деталей общего машиностроения, паровозостроения и сельскохозяйственного машиностроения. Для получения отверстий 4 класса точности обычно применяется сверление по кондукторам или чистовое растачивание на токарных станках.

5 класс точности применяется в самых грубых соединениях. Для получения отверстий этого класса достаточно растачивания резцом или сверления. Валы 5 класса точности изготовляются на токарных и револьверных станках. Могут быть применены и валы из холоднотянутого металла без механической обработки.

7, 8 и 9 классы точности предназначаются для грубой обработки в холодных и горячих цехах. Отверстия 7, 8 и 9 классов могут быть

получены грубым сверлением, штамповкой, пробивкой, отливкой. Точность этих классов для валов достигается грубой обдиркой, вальцовкой и прокаткой.

Шлифовщику практически приходится сталкиваться с первыми четырьмя классами точности.

§ 5. ТАБЛИЦЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Посадки имеют условные сокращенные обозначения, удобные для проставления в чертежах. В табл. 14 приведены эти условные обозначения посадок во всех классах точности. Например, посадка скольжения обозначается: $С_1$, $С_{2а}$, $С_{3а}$, $С_4$, $С_5$. Индекс у буквы С показывает, к какому классу точности относится посадка скольжения. Посадки 2 класса точности индекса не имеют.

Таблица 14

Система ОСТ. Классы точности и посадки для диаметров от 1 до 500 *мм*

Классы точности	Посадки: Наименование	Посадки: Обозначения	№ ОСТ: система отверстия	№ ОСТ: система вала
1	Вторая прессовая	$Пр2_1$	1041	—
	Первая прессовая	$Пр_1$	1041	—
	Глухая	$Г_1$	1011	1021
	Тугая	$Т_1$		
	Напряженная	$Н_1$		
	Плотная	$П_1$		
	Скользящая	$С_1$		
	Движения	$Д_1$		
2	Горячая	Гр	1042	1142
	Прессовая	Пр	1043	1143
	Легкопрессовая	Пл	1044	—
	Глухая	Г	1012	1022
	Тугая	Т		
	Напряженная	Н		
	Плотная	П		
	Скользящая	С		
	Движения	Д		
	Ходовая	Х		
	Легкоходовая	Л		
	Широкоходовая	Ш		
2а	Глухая	$Г_{2а}$	1016	1026
	Тугая	$Т_{2а}$		
	Напряженная	$Н_{2а}$		
	Плотная	$П_{2а}$		
	Скользящая	$С_{2а}$		
3	Третья прессовая	$Пр_{3з}$	1069	—
	Вторая прессовая	$Пр_{2з}$		
	Первая прессовая	$Пр_{1з}$		
	Скользящая	$С_3$	1013	1023
	Ходовая	$Х_3$		
	Широкоходовая	$Ш_3$		

Таблица 14 (окончание)

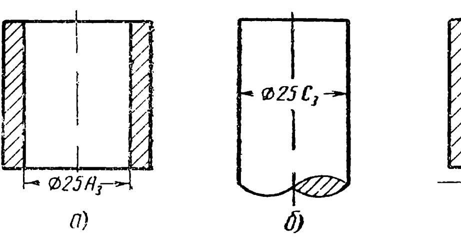
Классы точности	Посадки: Наименование	Обозначения	№ ОСТ: система отверстия	система вала
3а	Скользящая	$С_{3а}$	1017	1027
4	Прессовая	$Пр_4$	1079	—
	Скользящая	$С_4$	1014	1024
	Ходовая	$Х_4$		
	Легкоходовая	$Л_4$		
	Широкоходовая	$Ш_4$		
5	Скользящая	$С_5$	1015	1025
	Ходовая	$Х_5$	1015	1025
7		$А_7$ $В_7$	1010	1010
8		$А_8$ $В_8$	1010	1010
9		$А_9$ $В_9$		

На чертежах вместе с размером условно обозначают посадку и класс точности. Отверстие в системе отверстия обозначается буквой *А*, вал в системе вала — буквой *В*. Вал в системе отверстия сокращенно обозначается той посадкой, которую вал создает. Отверстие в системе вала сокращенно обозначается той посадкой, которую создает отверстие. Численные значения величин отклонений могут выбираться из табл. 15.

На фиг. 74, *а* изображен чертеж втулки. Отверстие диаметром $25А_3$ следует изготовить согласно обозначению на чертеже по системе отверстия и 3 классу точности.

По таблице ОСТ 1013 (табл. 15) отклонение отверстия равно + 45 микрон, а для всех посадок наибольший предельный размер отверстия равен 25,045 *мм;* наименьший предельный размер отверстия будет 25,00 *мм.*

На фиг. 74, *б* изображен вал диаметром $25С_3$. По табл. ОСТ 1013 для вала диаметром 25 *мм* отклонение равно 45 микронам.



Фиг. 74. Обозначение допуска на чертеже:
а — втулка; *б* — вал; *в* — втулка.

Наибольший предельный размер вала равен 25 *мм,* а наименьший его предельный размер 24,955 *мм.* На фиг 74, *в* показана втулка диаметром 15Х — ходовая посадка 2 класса точности по системе вала. По табл. ОСТ 1022 (в книге не приводится) для данного диаметра вала отклонение равно 12 микронам.

Таблица 15

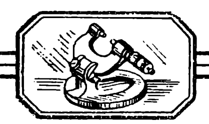
Отклонения валов и отверстий по системе отверстия

Классы точности		Посадки	Условное обозначение	Отклонение	Номинальные диаметры в *мм*												№ ОСТ
					от 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 360	св. 360 до 500	
1	Отклон. отверст.	Основное отверстие	А	Нижнее Верхнее +	0 10	0 13	0 16	0 19	0 23	0 27	0 30	0 35	0 40	0 45	0 50	0 60	ОСТ 1012
	Отклонения вала	Глухая	Г	Верхнее + Нижнее +	13 6	16 8	20 10	24 12	30 15	35 18	40 20	45 23	52 25	60 30	70 35	80 40	
		Тугая	Т	Верхнее + Нее +	10 4	13 5	16 6	19 7	23 8	27 9	30 10	35 12	40 13	45 15	50 15	60 20	
		Напряженная	Н	Верхнее + Нижнее +	7 1	9 1	12 2	14 2	17 2	20 3	23 3	26 3	30 4	35 4	40 4	45 5	
2		Плотная	П	Верхнее + Нижнее −	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	10 10	12 12	14 14	16 16	18 18	20 20	
		Скользящая	С	Верхнее Нижнее −	0 6	0 8	0 10	0 12	0 14	0 17	0 20	0 23	0 27	0 30	0 35	0 40	
		Движения	Д	Верхнее − Нижнее −	3 9	5 12	5 15	6 18	8 22	10 27	12 32	15 38	18 45	22 52	26 60	30 70	
		Ходовая	Х	Верхнее − Нижнее −	8 18	10 22	13 27	16 33	20 40	25 50	30 60	40 75	50 90	60 105	70 125	90 140	
		Легкоходовая	Л	Верхнее − Нижнее −	12 25	17 35	23 45	30 55	40 70	50 80	65 105	80 125	100 155	120 180	140 210	170 245	
		Широкоходовая	Ш	Верхнее − Нижнее −	18 35	25 45	35 60	45 75	60 95	75 115	95 145	120 175	150 210	180 250	210 290	250 340	
3	Отклонение отверстия	Основное отверстие	$А_3$	Нижнее + Верхнее +	0 20	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	0 120	ОСТ 1013
	Отклонения вала	Скользящая	$С_3$	Верхнее − Нижнее −	0 20	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	0 120	
		Ходовая	$Х_3$	Верхнее − Нижнее −	7 32	11 44	15 55	20 70	25 85	32 100	40 120	50 140	60 165	75 195	90 225	105 225	
		Широкоходовая	$Ш_3$	Верхнее − Нижнее −	17 50	25 65	35 85	45 105	60 130	75 160	95 195	120 235	150 285	180 330	210 380	250 440	

Для всех посадок наибольший предельный размер отверстия 15,040 *мм,* наименьший предельный размер отверстия 15,016 *мм.*

Посадки и отклонения валов и отверстий для диаметров до 1 *мм* выбираются по ГОСТ 3047—54, а для диаметров свыше 500 *мм* — по ГОСТ 2689—54.





ГЛАВА VIII

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

§ 1. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Наука об измерениях называется метрологией. Она устанавливает единицы измерений, дает способы их воспроизведения в виде точнейших образцов, называемых эталонами, разрабатывает методы измерений, осуществляемых с помощью измерительных инструментов.

Измерить любую величину — это значит сравнить ее с принятой единицей измерения.

В Советском Союзе для линейных измерений принята метрическая система мер, в основу которой положен метр. Метр равен одной сорокамиллионной части парижского меридиана. Международный эталон метра хранится в Международном бюро мер и весов в Севре (Франция), а изготовленные с него копии — в других государствах. В Советском Союзе копия государственного эталона метра хранится во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии им. Менделеева в Ленинграде. Она изготовлена в виде стержня с Х-образным сечением. На концах средней полки эталона нанесено по три штриха. Расстояние между средними штрихами при температуре 0° точно равняется одному метру.

Все измерительные инструменты, применяемые в производстве, периодически проверяются, иначе измерения будут неправильными и единство мер нарушено.

Точность произведенного измерения размеров, прежде всего, определяется точностью измеряющего инструмента. Задача измерения состоит в том, чтобы установить, насколько отличается заданный размер от действительного. Так как не все поверхности детали обрабатываются с равной точностью, то и не все размеры измеряются одинаково точно. Например, нет необходимости измерять с точностью до сотых долей миллиметра наружный диаметр шкивов или зубчатых колес, длину их ступиц, длину валов. Наоборот, размеры посадочного отверстия всех этих деталей должны быть измерены с высокой степенью точности. Степень точности измерений главным образом зависит от точности и чувствительности измерительного инструмента, от принятого метода измерения и квалификации исполнителя.

Как выбрать измерительный инструмент для измерения?

Выбор измерительного инструмента производится в зависимости от величины допуска на изготовление детали. Практически установлено, что наибольшая цена деления применяемого измерительного инструмента должна быть по меньшей мере приблизительно в 3 раза меньше, чем величина допуска. Так, например, при шлифовании вала с допуском в 0,03 *мм* наибольшая цена деления должна быть не больше 0,01 *мм.* Поэтому в данном случае необходимо пользоваться микрометром.

Большое влияние на точность измерения оказывает температура детали. Поэтому, если измерять ее в нагретом состоянии инструментом, имеющим другую температуру, то результат измерения будет ошибочным. В связи с этим все измерения следует производить при температуре 20°С. Такая температура считается нормальной для помещений, измерительного инструмента и измеряемых предметов. Градуировка всех измерительных инструментов и приборов также производится при этой температуре.

Когда приходится проверять размеры детали во время ее обработки и необходима большая точность, нужно сначала охладить деталь. Для этого перед проверкой измерительный инструмент и деталь иногда выдерживают некоторое время на металлической плите до выравнивания температуры.

На точность измерений также большое влияние оказывает измерительное давление. Следует стремиться к тому, чтобы давление измерительных поверхностей на измеряемую было бы одинаковым при всех замерах. Кроме того, оно должно быть наименьшим, чтобы обеспечить точность измерения. У ряда измерительных инструментов имеются специальные устройства, ограничивающие измерительное давление в заданных пределах. Примером может служить трещотка микрометра.

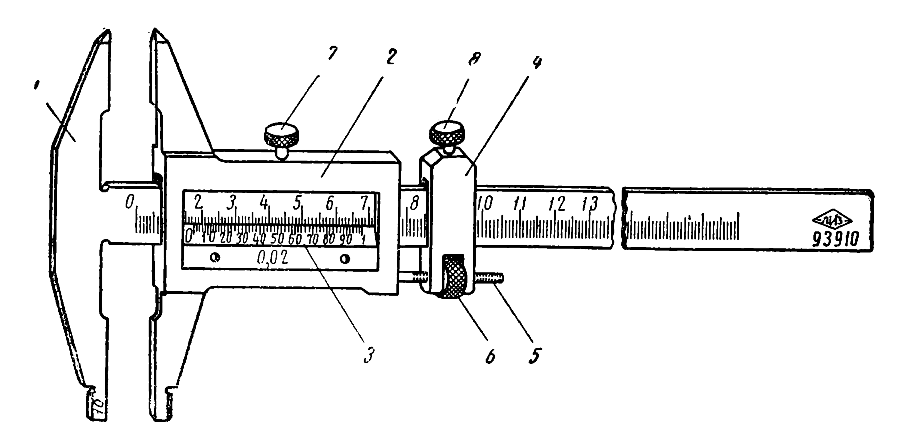
Неправильное обращение шлифовщика с измерительным инструментом также может вызвать погрешности при измерениях.

Точность измерений зависит и от состояния измерительных инструментов и обращения с ними. Их необходимо систематически проверять на точность. Работа инструментом, потерявшим точность, приводит к браку. Поэтому измерительные инструменты необходимо особенно беречь, сохранять их от ударов, загрязнения и коррозии, хранить в специальных ящиках, обитых мягким материалом. Однако измерительный инструмент все же постепенно изнашивается и теряет свою точность. Поэтому за его состоянием и точностью должен быть установлен постоянный надзор и контроль в цеховых и общезаводских лабораториях.

§ 2. ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ

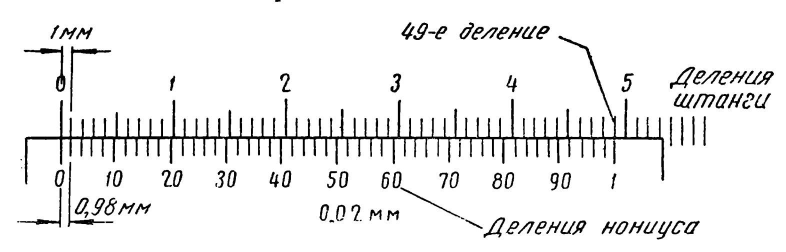
Штангенциркуль завода имени Воскова (фиг. 75) состоит из стальной штанги с миллиметровыми делениями до 100, 150, 200 и 600 *мм,* на конце которой имеются неподвижные губки *1* и подвижная рамка с губками *2.* Кроме подвижной рамки *2,* имеется хомутик микромет-

рической подачи *4*. Винтом *8* этот хомутик можно закрепить на штанге. Грубая установка губок подвижной рамки *2* производится от руки при отпущенных винтах *7* и *8*. Дальнейшее перемещение их до требуемого положения осуществляется вращением гайки микрометрической подачи *6*, навинчивающейся на винт *5*. При этом хомутик *4*



Фиг. 75. Штангенциркуль с ценой деления 0,02 *мм*.

должен быть закреплен на штанге. Губки подвижной рамки *2* в окончательном положении закрепляются винтом *7*.



Фиг. 76. Нониус штангенциркуля с ценой делений 0,02 *мм*.

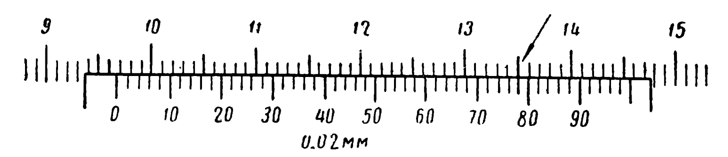
На штанге 1 нанесены миллиметровые деления, а нониус 3 имеет 50 делений (фиг. 76), которые в сумме равняются 49 *мм*. Таким образом каждое, деление нониуса меньше миллиметрового деления линейки на 0,02 *мм:*

$$1 - \frac{49}{50} = \frac{50 - 49}{50} = \frac{1}{50} = 0{,}02\ мм.$$

Это значит, что у этого штангенциркуля цена деления составляет 0,02 *мм*. Если подвижную рамку с нониусом сдвинуть вправо так, чтобы его первое деление совпало с первым делением штанги, то расстояние между губками будет равно 0,02 *мм*. При совпадении вторых

делений это расстояние увеличится до 0,04 *мм*, например, при совпадении 23-го деления будет соответствовать размеру 0,46 *мм*. Поэтому для удобства пользования нониусом его деления замаркированы не по порядку их номеров, а числами, указывающими количество сотых долей миллиметра, которым соответствует каждое деление, т. е. 0, 2, 4, 6, 8 и т. д.

При пользовании этим штангенциркулем к показанию нониуса прибавляют столько миллиметров, сколько их имеется между нулевыми делениями штанги и нониуса. Например, нониус показывает 0,36 *мм*, нулевое деление нониуса находится на расстоянии 45 *мм* от нулевого деления штанги, значит расстояние между губками



Фиг. 77. Пример отсчета по нониусу (результат 96,78 *мм*).

45,36 *мм*; нониус показывает 0,18 *мм*, нулевое деление нониуса отстает от нулевого деления штанги на 24 *мм* — расстояние между ножками будет 24,18 *мм*.

На фиг. 77 показан пример отсчета по нониусу. Как видно из фигуры, нониус показывает 0,78 *мм*, а нулевое деление нониуса находится на расстоянии 96 *мм* от нулевого деления штанги, следовательно, расстояние между губками будет равно 96,78 *мм*.

При измерении диаметров отверстий пользуются тупыми сторонами губок, вводя их в отверстие и добавляя к полученному расстоянию между ними их сдвоенную ширину, которая обычно бывает равна 10 *мм*. Эта величина маркируется на губках. Общая сумма дает диаметр измеряемого отверстия.

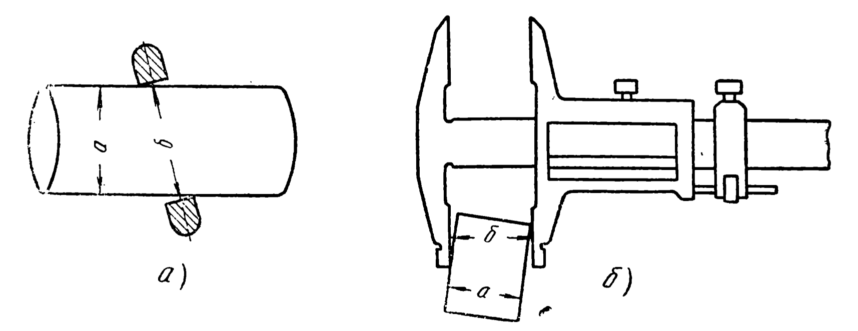
Перед измерением, чтобы не получить ошибок из-за неисправности самого инструмента, необходимо штангенциркуль проверить путем наружного осмотра. Рабочие поверхности губок должны быть чистыми, ровными, без каких-либо забоин и искривлений на концах. Для этого губки штангенциркуля сдвигают и проверяют их состояние. В таком положении у исправного штангенциркуля нулевое деление нониуса должно совпадать с нулевым делением штанги, а измерительные плоскости должны плотно и без просвета прилегать друг к другу. Также необходимо проверить плавность передвижения подвижной рамки и хомутика по линейке: они должны ходить не особенно туго, не шатаясь и не заедая. Необходимо убедиться и в том, что зажим винтов, стопорящих рамку и хомутик при их закреплении, не вызывает перекоса губок и смещения их от установленного размера.

При измерениях небольшие измеряемые предметы удерживаются в левой руке, а штангенциркуль — в правой. При этом неподвижная губка инструмента слегка прижимается к измеряемому предмету

большим пальцем левой руки. Пользование микрометрической подачей рамки производится большим и указательным пальцами правой руки.

Тяжелые или крупные предметы помещают на плиту или стол, после чего обеими руками накладывают штангенциркуль, левой рукой поддерживая неподвижную губку инструмента, а правой перемещая рамку. Нельзя с усилием надвигать ножки штангенциркуля на измеряемые поверхности, так как можно повредить губки.

Для получения точных результатов необходимо следить за правильной установкой штангенциркуля относительно измеряемых поверхностей. Так, при измерении диаметра цилиндрической поверхности нужно обращать внимание на то, чтобы ножки штангенциркуля



Фиг. 78. Неправильная установка штангенциркуля при измерениях: *а* — цилиндрических поверхностей; *б* — расстояний между плоскостями.

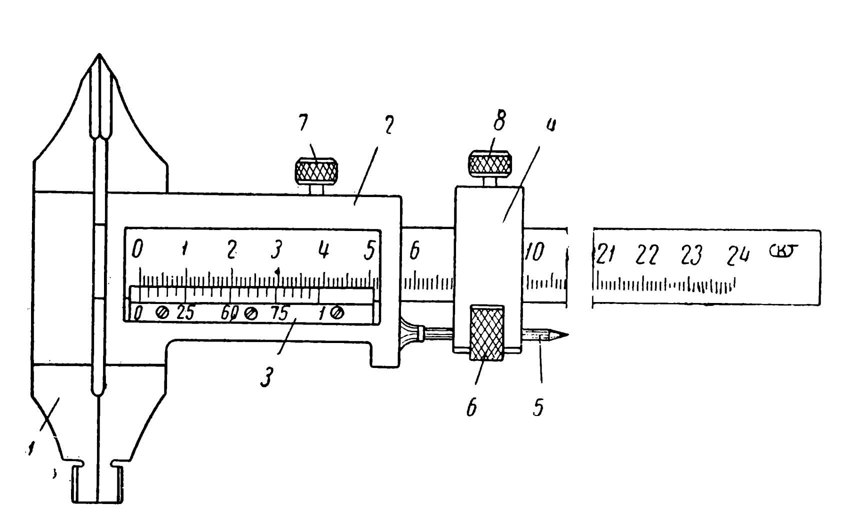
не перекашивались (фиг. 78, *а*). Невыполнение этого условия приводит к неправильным результатам измерения. Неправильная установка инструмента при измерении расстояния между плоскостями (фиг. 78, *б*) также дает неправильные результаты.

Таким образом, работа со штангенциркулем требует от шлифовщика некоторого навыка и внимания.

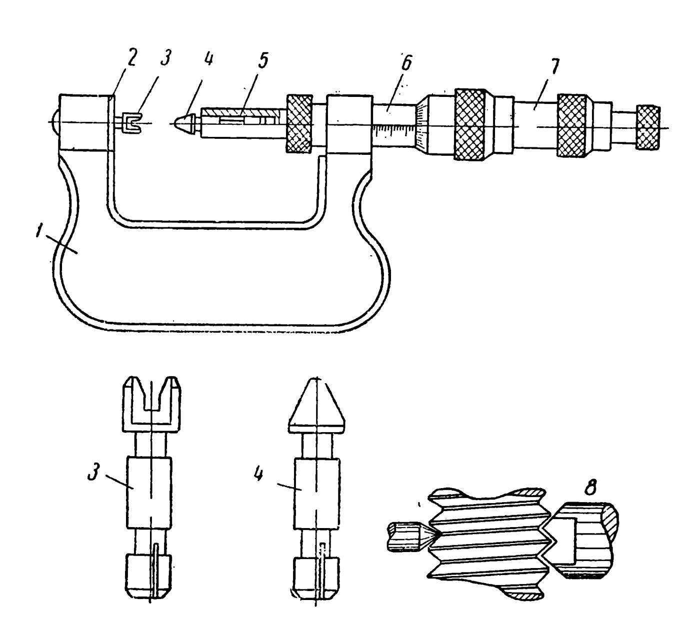
Штангенциркуль завода «Калибр» (фиг. 79) устроен аналогично рассмотренному. Отличие состоит в том, что этот штангенциркуль имеет точность отсчета, равную 0,05 *мм*. Обозначения частей инструмента на фиг. 75 и 79 одинаковы.

Длина шкалы нониуса штангенциркуля завода «Калибр» равна 39 *мм*. Она разделена на 20 равных частей, каждая из которых равна 0,05 *мм*. Поэтому против пятого штриха нониуса стоит цифра 25, против десятого — 50 и т. д. Длина каждого деления нониуса равна $\frac{39}{20} = 1{,}95$ *мм*. На фигуре видно, что если губки штангенциркуля сомкнуть вплотную, то только нулевое и последнее деления нониуса совпадут с делениями на штанге, но ни одно из остальных делений не совпадает ни с какими другими делениями штанги.

Сдвинем рамку *2* до совпадения первого деления нониуса со вторым делением штанги. Полученный зазор между измерительными плоскостями губок будет равен $2 - 1{,}95 = 0{,}05$ *мм*. При совпадении



Фиг. 79. Штангенциркуль с ценой деления 0,05 *мм*.



Фиг. 80. Резьбовой микрометр:

1 — скоба; *2* — пятка; *3* — призматическая вставка; *4* — коническая вставка; *5* — микрометрический винт; *6* — стебель; *7* — барабан; *8* — схема измерения резьбы.

второго деления нониуса с четвертым делением штанги зазор между измерительными плоскостями губок буден равен 4 — (2×1,95) = 4 — — 3,9 = 0,1 *мм*. При совпадении третьего штриха нониуса со следующим штрихом линейки зазор составит 0,15 *мм* и т. д. Отсчеты на этом штангенциркуле ведутся так же, как и в рассмотренной ранее конструкции.

§ 3. РЕЗЬБОВОЙ МИКРОМЕТР

Резьбовой микрометр (фиг. 80) мало чем отличается по своей конструкции от обычного гладкого микрометра. Он применяется для измерения среднего диаметра резьбы и поэтому форма его измерительных наконечников приспособлена для выполнения именно этой задачи. В отверстие микрометрического винта микрометра входит коническая резьбовая вставка, а в отверстие пятки — призматическая. Угол профиля каждой из вставок точно равен углу профиля измеряемой резьбы. Резьбовые вставки к микрометрам изготовляются закаленными и шлифованными, их цилиндрический хвостовик прорезан и может пружинить. Во время измерения головка конической вставки входит во впадину измеряемой резьбы, а головка призматической ложится на боковые поверхности противоположного витка.

К резьбовому микрометру прилагается несколько комплектов сменных резьбовых вставок. Так, например:

№ 1	для шага	от	0,4	до	0,6	*мм*
№ 2	»	»	0,6	»	0,8	»
№ 3	»	»	1,0	»	1,5	»
№ 4	»	»	1,75	»	2,5	»
№ 5	»	»	3,0	»	4,5	»
№ 6	»	»	5,0	»	6,0	»

Комплект состоит из конической и призматической резьбовых вставок.

Для установки микрометров в нулевое положение, начиная от 25 *мм* и более, служат специальные установочные меры, у которых с одной стороны имеется внешний угол 60°, с другой — внутренний. Общая длина такой меры равна наименьшей величине предела измерения микрометром. Точность измерения резьбовым микрометром находится в пределах ± 0,01 *мм*.

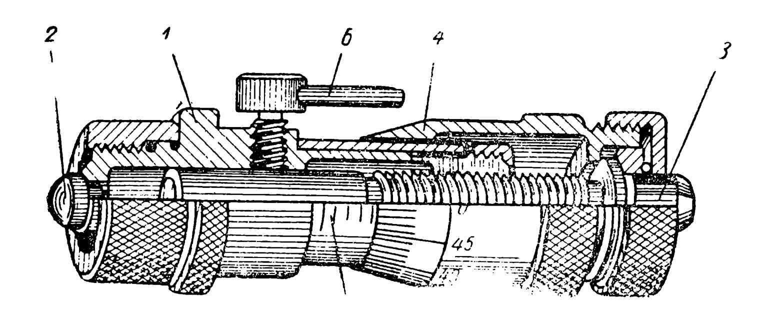
§ 4. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЙ НУТРОМЕР

Для измерения внутренних размеров служит микрометрический нутромер (фиг. 81), по своему устройству напоминающий микрометр. По сравнению с микрометром такой нутромер имеет два существенных недостатка: а) он позволяет измерять диаметры отверстия только большие 50 *мм* и б) дает меньшую точность измерения по причине отсутствия устройства для регулировки измерительного давления.

Микрометрический нутромер состоит из гильзы *1* с измерительным наконечником на одном конце *2*, имеющим шаровидную измери-

тельную поверхность. В гильзу входит микрометрический винт *3* также со сферической измерительной поверхностью. Перемещение винта, соответствующее числу его полных оборотов, отсчитывается по шкале гильзы *5*, а перемещение, соответствующее частям оборота — по шкале барабана *4*, связанного с микрометрическим винтом. Для закрепления установленного размера пользуются тормозным устройством *6*.

Для увеличения пределов измерения к концу микрометрического нутромера могут присоединяться сменные удлинители. При наличии



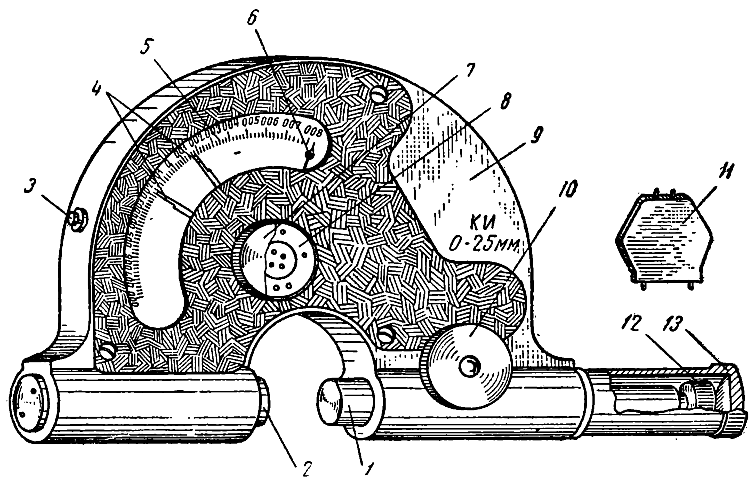
Фиг. 81. Микрометрический нутромер.

удлинителей пределы измерения возрастают до 900, а иногда даже до 4000 *мм*. Основная головка имеет минимальный предел измерения, равный 50—63 *мм*. Максимальный ход микрометрического винта равен 13 *мм*. Цена деления нутромера составляет 0,01 *мм*.

§ 5. ИНДИКАТОРНАЯ СКОБА (ПАССАМЕТР)

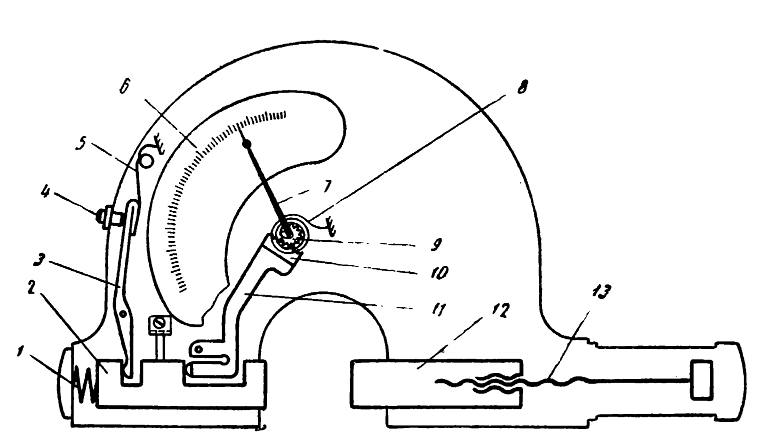
На фиг. 82 показан общий вид индикаторной скобы, а на фиг. 83 дана ее схема. Такая скоба применяется в машиностроении для наружных измерений методом сравнения. Ее измерительная пятка действует на рычаг с зубчатым сегментом и на зубчатое колесо, связанное со стрелкой. Установочную пятку можно переставлять с помощью винтовой пары на требуемый размер.

Нажимая на кнопку предохранителя, отодвигают влево измерительную пятку посредством рычага предохранителя, ограждая этим измерительные поверхности от повреждения при вводе измеряемого предмета. Для установки прибора на нулевое деление можно применять концевые меры длины или измерительные шайбы. На шкале индикаторной скобы имеется два указателя красного цвета, служащие для установки прибора на заданную величину допуска измеряемого размера. Указатели устанавливаются специальным ключом. Если подвижная стрелка находится между двумя красными указателями, то это говорит о том, что размер детали не выходит за пределы заданных допусков.



Фиг. 82. Индикаторная скоба:

1 — установочная пятка; *2* — измерительная пятка; *3* — кнопка-предохранитель; *4* — указатели поля допуска детали; *5* — шкала; *6* — стрелка; *7* — колпачок; *8* — устройство для установки указателей поля допуска; *9* — скоба; *10* — стопор; *11* — ключ; *12* — головка установочного винта; *13* — гильза.

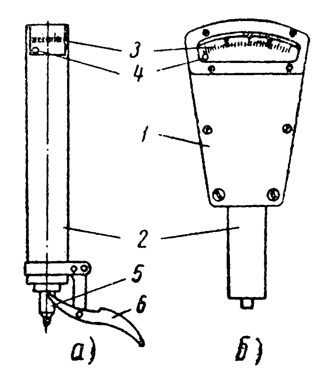


Фиг. 83. Схема действия индикаторной скобы:

1 — пружина; *2* — измерительная пятка; *3* — рычаг предохранительной кнопки; *4* — кнопка; *5* — пружина; *6* — шкала; *7* — стрелка; *8* — пружина; *9* — зубчатое колесо; *10* — зубчатый сектор; *11* — рычаг; *12* — установочная пятка; *13* — установочный винт.

§ 6. МИНИМЕТРЫ

Миниметры представляют собой одну из разновидностей рычажных измерительных приборов для внешних измерений. Они изготовляются двух типов: узкошкальные (фиг. 84, *а*) и широкошкальные (фиг. 84, *б*). Измерения пробными приборами производятся методом сравнения. Узкошкальные миниметры изготовляются с пределами измерения от 0,2 до 0,02 *мм* ценой деления от 0,01 до 0,001 *мм*. Широкошкальные имеют пределы измерения от 0,6 до 0,06 *мм* и цену деления от 0,005 до 0,001 *мм*. Корпус миниметра *1* имеет трубку *2*, в которой находится механизм прибора. В верхней части прибора расположена шкала *3* и стрелка *4*, отсчитывающая число делений при измерении. Нижняя часть узкошкального прибора имеет наконечник *5*, а широкошкального — трубку *2* с наконечником. Предохранительным рычагом *6* производится отвод наконечника при установке измеряемой детали.

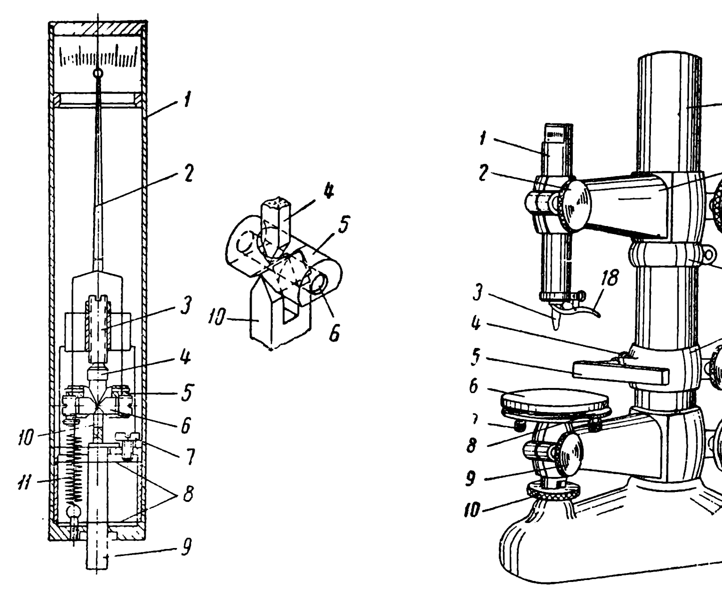


Фиг. 84. Миниметры.

Конструкция трубки миниметра завода «Калибр» показана на фиг. 85. Верхний конец измерительного стержня *9* смонтирован на плоских пружинах *8* и жестко связан с нижней опорой (ножом) *10*. Верхний конец этого ножа имеет форму лезвия и упирается в V-образный паз призмы *5*, с которой жестко связана стрелка миниметра *2*. В этой призме расположен вкладыш *6*. Верхний качающийся нож *4* установлен в *V*-образном пазу. Для регулирования малого плеча рычага вкладыш *6* может перемещаться относительно призмы *5*. Нож *4* упирается в стопор *3*, жестко связанный с корпусом трубки *1*. Спиральная пружина *11* выбирает зазоры и создает постоянное измерительное давление. Стопорный винт *7* служит для предохранения передаточного механизма от поломки.

Большей частью миниметр используется будучи установлен на стойке (фиг. 86). При этом трубка миниметра *1* устанавливается на кронштейне *12* и закрепляется винтом *2*. Кронштейн *12* зажимается на колонке *11* винтом *13*, а при необходимости он может перемещаться вместе с трубкой миниметра по этой колонке. Опорное кольцо *14* предотвращает кронштейн от случайного падения. На колонке *11* имеется кольцо *15* с упором *5* для установки изделий на столике *6*. Упор закрепляется на колонке винтом *4*, а кольцо *15* винтом *16*. Колонка жестко соединена с основанием *17*. В этом основании смонтирован столик *6* с доведенной рабочей поверхностью. Эта поверхность должна быть строго перпендикулярна оси трубки миниметра. Для регулировки столика служат гайки *8* и винты *7*. Точная установка миниметра на размер производится перемещением столика вверх и вниз гайкой *10*. Закрепление столика осуществляется винтом *9*. Рычаг *18* служит для отвода наконечника *3*. Перед настройкой миниметра

столик протирается чистой замшей и на него устанавливается блок концевых мер длины, соответствующий измеряемому наружному диаметру детали.



Фиг. 85. Устройство трубки миниметра.

Фиг. 86. Миниметр на стойке.

§ 7. ИНДИКАТОРНЫЙ НУТРОМЕР

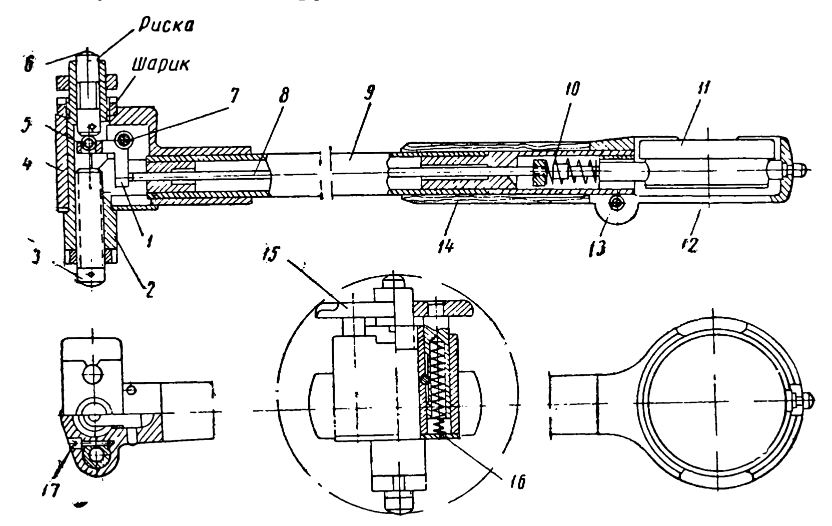
На фиг. 87 показана конструкция индикаторного нутромера завода «Калибр». Этот нутромер применяется для точных измерений отверстий диаметром свыше 18 *мм*.

В корпусе *4* нутромера закреплена втулка *2*, в которую ввернута измерительная пятка *3*, закрепляемая гайкой после установки на размер. В другом конце втулки *4* помещен измерительный стержень *6*, перемещение которого производится посредством рычага *1*, вращающегося на оси *7*, и стержня *8* и передается индикатору *11*. Измерительные контакты рычага образуются запрессованными в него шариками *5*. Измерительное усилие создается действием индикатора и пружины *10*. Стержень *8* помещен в трубку *9*, на которую надевается деревянная ручка *14* и крепится кожух *12* винтом *13*. В отверстие корпуса нутромера вставлены направляющие стержни центрирующего мостика *15*. Действием пружины *16* мостик в свободном состоянии выдвигается до винта ограничителя *17*.

При установке нутромера в измеряемом отверстии центрирующий мостик, прижимаемый пружинами к поверхности отверстия, устанавливает измерительную ось в плоскости осевого сечения. Для определения величины отклонения диаметра необходимо покачать нутромер

в плоскости осевого сечения измеряемого отверстия. Наибольшее показание индикатора будет соответствовать диаметру отверстия.

Так как индикаторный нутромер измеряет отверстие относительным методом, то необходима предварительная установка на размер по кольцу или микрометру.



Фиг. 87. Индикаторный чутромер завода «Калибр»:

1 — рычаг; *2* — втулка; *3* — неподвижный стержень; *4* — корпус; *5* — шарик; *6* — подвижный стержень; *7* — ось; *8* — шток; *9* — трубка; *10* — пружина; *11* — индикатор; *12* — кожух; *13* — винт крепежный; *14* — термоизолятор; *15* — центрирующее приспособление; *16* — пружинка.

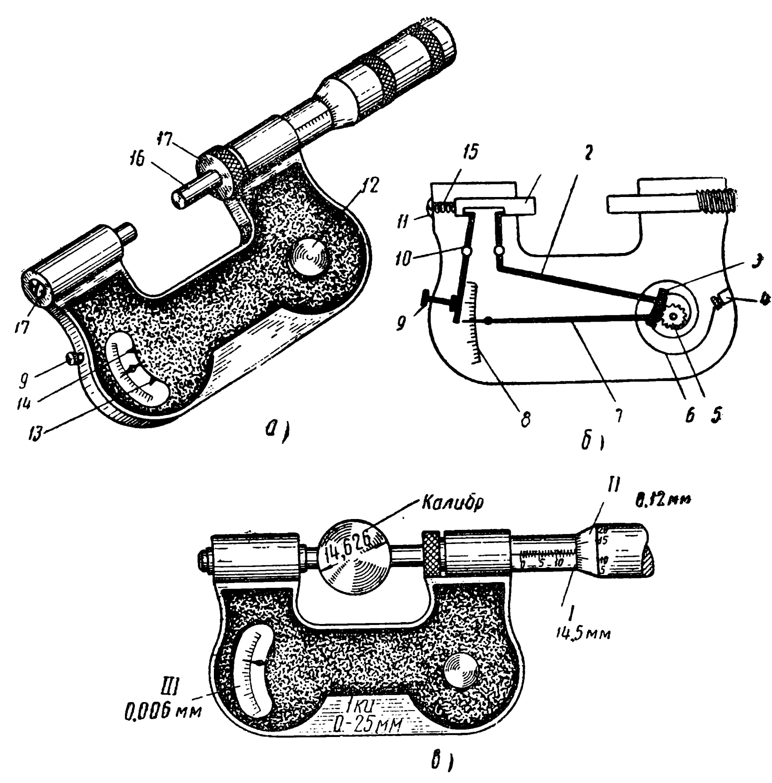
§ 8. РЫЧАЖНЫЙ МИКРОМЕТР

Для измерений с точностью до 0,002 *мм* применяются рычажные микрометры (фиг. 88, *а*). Эти микрометры отличаются от обычных тем, что у них пятка *1* сделана подвижной и может перемещаться вдоль своей оси (фиг. 88, *б*). При перемещении она действует на рычаги *2* и *10*. Рычаг *2* повертывается вокруг оси и, имея на своем другом конце зубчатый сектор *3*, приводит во вращение зубчатое колесо *5*. На одной оси с зубчатым колесом *5* находится стрелка *7*, которая при его вращении движется по шкале *8*. Когда пятка *1* переместится на величину 0,002 *мм*, стрелка *7* расположится у первого деления. Спиральная пружина *6*, конец которой укреплен в скобе микрометра *4*, служит для устранения мертвого хода между зубчатым колесом *5* и зубчатым сектором *3*. Постоянное измерительное давление (100—150 *г*) пятки *1* обеспечивается пружиной *15*. Эта пружина прижимает пятку к поверхности измеряемой детали. Винт *11* служит для регулирования давления пружины. Кнопкой *9* и рычагом *10* пятка *1* отводится от измеряемой поверхности, чем устраняется быстрый износ измерительных поверхностей.

При использовании микрометра для измерения предельных размеров детали удобно пользоваться сигнальными стрелками *13* и *14*.

Они устанавливаются на нужные деления шкалы согласно заданным отклонениям размеров детали. Это производится специальным ключом при отвернутом колпачке *12*.

Перед измерением детали таким микрометром следует убедиться в правильности его показаний в нулевом положении. Для этой цели пятку *1* и измерительную плоскость микрометрического винта *16*



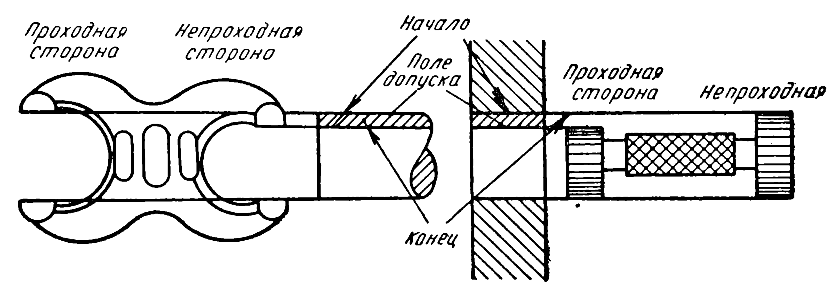
Фиг. 88. Рычажный микрометр:
а — микрометр; *б* — схема микрометра; *в* — измерение микрометром.

приводят в соприкосновение. Измерительные поверхности пятки и микрометрического винта должны быть чистыми. Если стрелка на шкале и риски на гильзе и барабане микрометра находятся в нулевом положении, это свидетельствует об исправности микрометра. Если же нулевая риска барабана не находится на своем начальном делении при нулевом положении стрелки, то поступают двояко. В одном случае переставляют барабаны на нулевое деление, как у обычного микрометра. В другом случае замечают то деление шкалы, которое соответствует нулевому положению барабана. Это положение шкалы принимают за нулевое и от него производят отсчет размеров при измерении.

Измерение рычажным микрометром производится так. Измеряемый предмет устанавливается между измерительными плоскостями микрометра (фиг. 88, *в*). Медленно вращают микрометрический винт до появления стрелки на шкале. Это означает, что измерительные плоскости коснулись измерительной поверхности. Вращая микрометрический винт, надо стремиться к тому, чтобы стрелка шкалы была ближе к нулевому положению, а барабан показывал целое число сотых долей миллиметра.

§ 9. КАЛИБРЫ И ШАБЛОНЫ

Предельные калибры. В условиях серийного и массового производства, когда приходится замерять сотни и тысячи одинаковых деталей, пользоваться универсальными измерительными инструментами (штангенциркуль, микрометр и т. п.) невыгодно. Измерение ими — сравнительно сложная и длительная операция, а результат измерения сильно зависит от умения производящего измерение. Поэто-



Фиг. 89. Схема работы предельными калибрами.

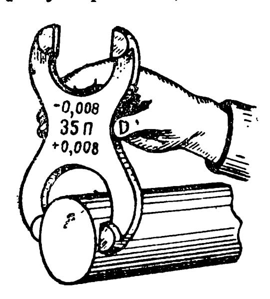
му в таких условиях преимущественно пользуются предельными калибрами.

Калибры-скобы. Калибры для проверки валов называются скобами, а для проверки отверстий — пробками (фиг. 89). Двусторонняя предельная скоба имеет две пары измерительных плоскостей. Расстояние между ними у одной пары равно наименьшему предельному размеру детали, а у другой — наибольшему. Если измеряемый вал проходит в большую сторону скобы, стало быть, его размер не превышает наибольшего предельного размера, а если не проходит,— значит этот размер слишком велик. Если же вал проходит также и в меньшую сторону скобы, то это значит, что вал изготовлен по своему размеру меньше наименьшего предельного размера и является браком.

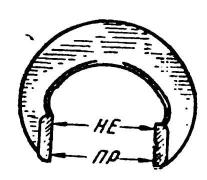
Сторона скобы, соответствующая наименьшему предельному размеру, называется непроходной (НЕ), противоположная сторона, соответствующая наибольшему размеру,— проходной (ПР). Вал признается годным, если скоба (фиг. 90), опускаемая на него проходной стороной, скользит по валу под действием своего веса и если непроходная сторона этой скобы не проходит через вал.

В настоящее время вместо двусторонних скоб обычно применяют односторонние (фиг. 91), у которых обе пары измерительных плоскостей лежат одна за другой. Передними измерительными поверхностями такой скобы проверяют наибольший предельный размер, а задними — наименьший. Эти скобы имеют меньший вес и значительно ускоряют процесс контроля.

Имеются и другие конструкции скоб, как например, регулируемые предельные скобы. При износе такой скобы ее размер можно регулировать, т. е. восстановить первоначальный размер. Их также можно устанавливать и на другие номинальные размеры в определенных пределах.



Фиг. 90. Проверка детали калибром-скобой.



Фиг. 91. Односторонний предельный калибр-скоба.

Калибры-пробки. Для измерения отверстий применяются калибры-пробки, которые, как и конические пробки, разделяются на нормальные и предельные. Нормальные калибры имеют только один размер, подогнанный к заданному размеру отверстия с наибольшей точностью. Отверстие при изготовлении также должно быть подогнано возможно точнее к нормальному калибру. Комплект таких калибров состоит из калибра-пробки и калибра-кольца того же размера. Пробкой измеряют отверстия, а кольцом — валы. Пользуясь нормальными калибрами, невозможно определить величину ошибки изготовленной детали, так как пробка сравнительно свободно проходит в проверяемое отверстие. Точность проверки нормальными калибрами зависит от квалификации шлифовщика: чем она выше, тем точнее будет изготовлен вал или отверстие.

Такой метод контроля не может обеспечить взаимозаменяемости. Поэтому контроль размеров детали в серийном и массовом производстве ведется только по предельным калибрам.

В правой части фиг. 89 показан такой предельный калибр-пробка. Рабочая часть пробки большей длины называется проходной стороной калибра. Ее диаметр равен наименьшему предельному размеру отверстия, следовательно, она должна входить в отверстие. Рабочая часть меньшей длины, диаметр которой равен наибольшему предельному размеру, называется непроходной или браковочной стороной. Эта сторона пробки не должна входить в проверяемое отверстие.

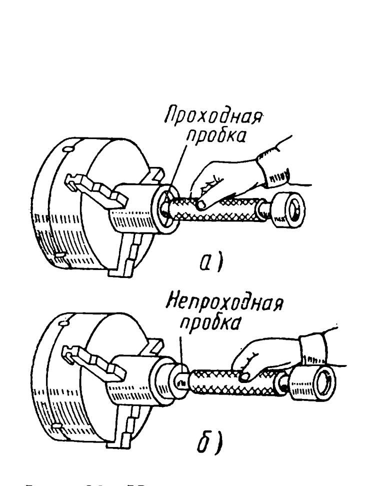
На фиг. 92 показано измерение предельным калибром-пробкой.

При больших размерах калибры-пробки получаются тяжелыми и неудобными в работе и поэтому их заменяют пробками неполными. При проверке отверстий очень больших размеров, когда даже неполная пробка окажется неудобной и тяжелой, применяют жесткие нутромеры.

Жесткий сферический нутромер (фиг. 93, *а*) представляет собой стержень, торцовые измерительные поверхности которого сделаны выпуклыми, причем радиус выпуклости равен половине длины нутромера. Нутромеры являются разновидностью предельных калибров.

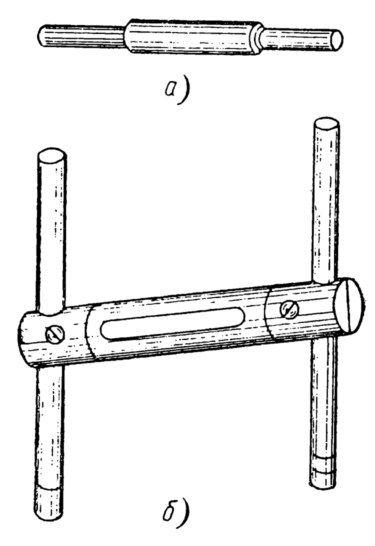
Нутромеры могут насаживаться на рукоятку (фиг. 93, *б*) и в таком виде они служат двусторонним калибром.

При проверке размеров непосредственно на станке жесткий нутромер с легким нажимом вводится в отверстие в слегка повернутом



Фиг. 92. Измерение отверстия калибром-пробкой:

а — проходная сторона легко входит в отверстие; *б* — непроходная сторона не входит в отверстие.



Фиг. 93. Жесткие сферические нутромеры.

состоянии. Установка в повернутом положении облегчает центрирование и ввод нутромера в отверстие.

Контроль нутромером требует большего навыка от шлифовщика, чем проверка цилиндрической пробкой. Это объясняется тем, что нутромер легче перекосить при вводе в отверстие. Во избежание ошибок необходимо при проверке нутромером делать два промера в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом проверяется также отсутствие овальности отверстий.

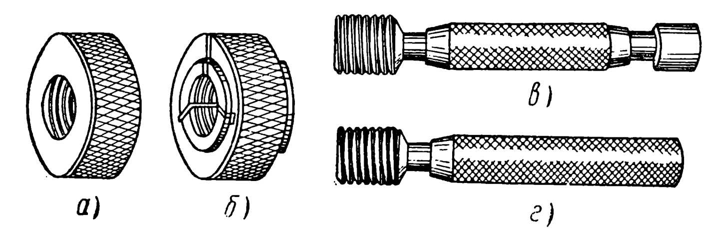
Проверку калибрами производят при остановленном станке. Измерение вращающихся деталей может повлечь за собой не только порчу измерительного инструмента, но и несчастный случай. Во избежание повреждений калибров недопустимо производить ими какие-либо удары о другие предметы.

Резьбовые калибры. Резьбовые калибры также делятся на нормальные и предельные.

Нормальные резьбовые калибры-кольца для проверки наружной резьбы болтов жесткие и регулируемые показаны на фиг. 94, *а* и *б*.

Калибры-пробки для проверки среднего и внутреннего диаметров резьбы в гайках показаны на фиг. 94, *в* и *г*. Правый рабочий конец калибра (фиг. 94, *в*) делается в виде гладкого цилиндра и служит для проверки внутреннего диаметра резьбы. Калибры до 14 *мм* изготовляются цельными. При больших размерах калибра рабочие концы его выполняются в виде цилиндрических насадок или вставок с коническими хвостовиками, входящими в соответствующие отверстия рукоятки.

Ввинчивание калибра-пробки или навинчивание калибра-кольца должны происходить с возможно меньшим зазором. Отделение годных деталей от брака при таком способе проверки резьбы в значительной степени зависит от чуткости проверяющего. Однако приме-



Фиг. 94. Нормальные калибры-кольца (*а* и *б*) и калибры пробки (*в* и *г*) для проверки треугольной резьбы.

нение нормальных калибров при изготовлении деталей с неточной резьбой может обеспечить свинчиваемость изготовленной резьбы.

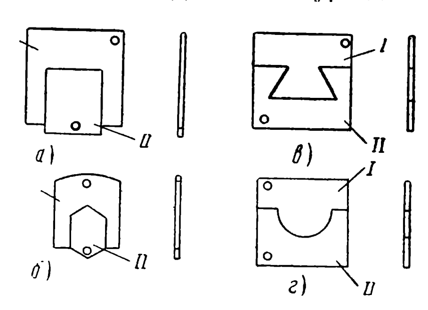
Предельные резьбовые калибры-кольца по внешнему виду подобны нормальным и могут быть как жесткими, так и регулируемыми. Для проверки каждого резьбового отверстия необходимы два кольца, отличающиеся друг от друга своими размерами. Непроходное кольцо имеет на внешней накатанной поверхности кольцевую канавку, отличающую его от проходного.

Проходное кольцо имеет полный профиль резьбы и используется для проверки среднего и внутреннего диаметров резьбы винта. Резьба непроходного кольца имеет укороченный (при шаге свыше 1 *мм*) профиль с 2—3 витками резьбы. Это способствует получению более четких результатов проверки среднего диаметра, для контроля которого оно служит.

Наряду с кольцами для проверки наружной резьбы широко применяются предельные резьбовые калибры-скобы разнообразных конструкций, преимущество которых по сравнению с кольцами состоит в том, что, пользуясь ими, можно производить проверку резьбы, не вынимая детали из упорных центров станка. Кроме того, измерение резьбы скобой производится значительно быстрее (в 8—10 раз), чем резьбовыми кольцами.

Шаблоны. Шаблонами (фиг. 95) называются плоские измерители, изготовляемые из листовой стали. Ими пользуются для проверки фигурных контуров, углов, радиусов закруглений, ширины и высоты уступов и других элементов профиля.

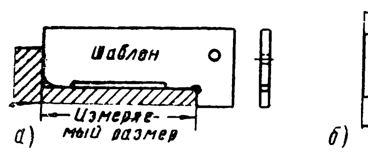
Проверка шаблоном ведется на просвет между его контуром и контуром измеряемой детали. При полном совпадении контура детали с контуром шаблона просвет между ними будет равномерным и очень незначительным. Обычно шаблон имеет контршаблон, по которому можно следить за износом шаблона. Для сокращения времени на измерение шлифуемой детали вместо универсального измерительного инструмента в условиях массового и серийного производства пользуются специальными шаблонами. На фиг. 96 показаны нормальный и предельный шаблоны.

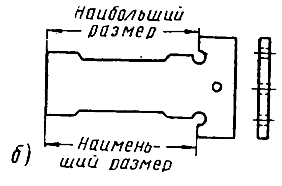


Фиг. 95. Шаблоны (I) и контршаблоны (II):

а — для прямоугольной планки; *б* — для шестигранника; *в* — для паза ласточкин хвост; *г* — для полукруглого паза.

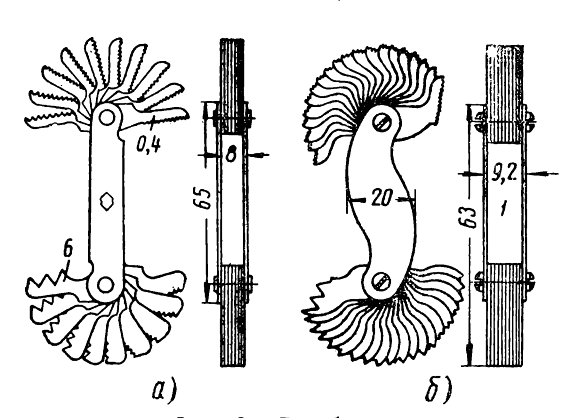
Резьбомеры. Резьбомеры (фиг. 97) служат для проверки и определения шага резьбы. Они представляют собой набор стальных пла-





Фиг. 96. Шаблоны:

а — нормальный шаблон; *б* — предельный шаблон.



Фиг. 97. Резьбомеры:

а — резьбомер для метрической резьбы; *б* — резьбомер для метрической и дюймовой резьбы.

стинок (резьбовых шаблонов), на каждой из которых имеется гребенка с профилем метрической или дюймовой резьбы. Число ниток на 1″ или величина шага резьбы указаны на каждой пластинке.

Для проверки шага и угла профиля накладывают шаблон на резь-

бу в направлении ее оси и проверяют на просвет правильность прилегания. Отсутствие световых щелей или же одинаковая их величина на всех витках свидетельствуют о хорошем выполнении резьбы.

Радиусомеры. Радиусомеры или радиусные шаблоны служат для проверки на просвет правильности выполнения радиусов выпуклых и вогнутых закруглений деталей. Они представляют собой такие же, как и у резьбомеров, наборы стальных пластинок с той разницей, что вместо профиля резьбы на пластинках выполнены части окружности определенного радиуса. На каждой пластинке нанесены цифры, показывающие величину этого радиуса в *мм*. Если в таком наборе имеется пластинка с выпуклым закруглением, то здесь же должна быть и соответствующая пластинка с вогнутым закруглением того же самого радиуса.

§ 10. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины получили в настоящее время большое распространение для точных измерений длины и диаметров деталей, а также для проверки различных измерительных инструментов. Они представляют собой различной толщины закаленные прямоугольные стальные плитки, отшлифованные и доведенные с весьма высокой точностью.

Концевые меры длины изготовляются целыми наборами, пользуясь которыми, можно составить блок любого размера. В практике применяют наборы, дающие возможность составлять из них блоки с точностью до 0,001 *мм*.

Часто применяется комплект, состоящий из 38 мер. Наименьший измерительный размер концевой меры равен 1 *мм*. Применение мер толщиной в десятые доли миллиметра нецелесообразно, так как составление из них блоков связано с большими трудностями. Другой, более полный комплект, состоит из 83 плиток. Он дает возможность при составлении определенного блока обходиться меньшим числом мер.

Согласно ОСТ 85000—39 рабочие размеры концевых мер устанавливаются в пределах от 0,3 до 1000 *мм*, причем приняты следующие градации размеров:

0,001	*мм* при размере от	1	до 1,01 *мм*	(1; 1,001 и т. д.)
0,01	"	1	" 1,5	(1,01; 1,02 и т. д.)
0,1		0,3	" 2	(0,3; 0,4 и т. д.)
0,5		0,5	" 10	(0,5; 1 и т. д.)
10		10	" 100	(10; 20 и т. д.)
25		100	" 200	(100,125 и т. д.)
50		50	" 300	(50,100 и т. д.)
100		100	" 1000	(100, 200 и т. д.)

Меры комплектуются в наборы с таким расчетом, чтобы можно было составлять блоки требуемых размеров из возможно меньшего количества мер.

При составлении какого-либо блока на определенный размер исходят из его последнего десятичного знака и действуют путем вычи-

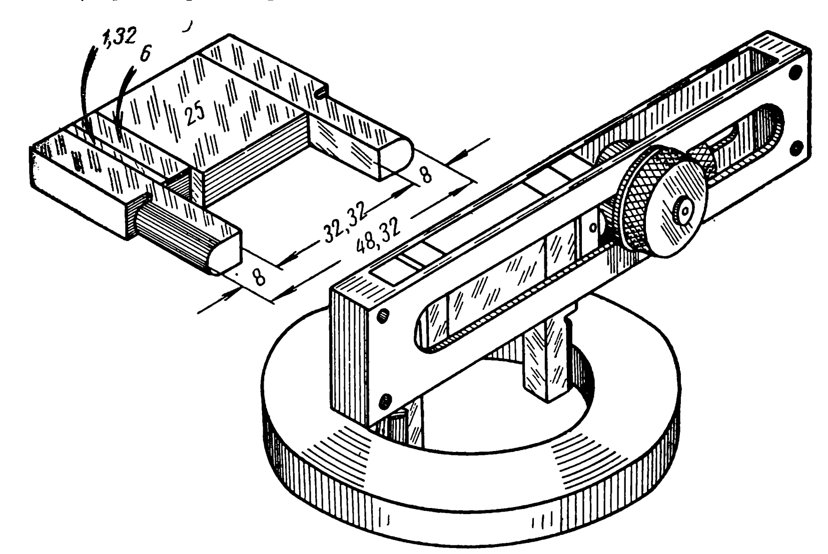
тания. Например, число 76,783 *мм* (при наборе концевых мер с 0,001 долями) составляется следующим образом:

$$\begin{array}{r} 76{,}783 \\ -\;\; 1{,}003 \\ \hline 75{,}78 \\ -\;\; 1{,}08 \\ \hline 74{,}7 \\ -\;\; 1{,}7 \\ \hline 73{,}0 \\ -\;\; 3{,}0 \\ \hline 70{,}0 \end{array}$$

Составление блоков производится притиранием мер друг к другу, которое начинают с мер большого размера, как указано в приведенном примере. Из этого примера видно, что после каждого вычитания число десятичных знаков уменьшалось на один. Следовательно, требуемый размер 78,783 *мм* составится из пяти мер:

$$70 + 3 + 1{,}7 + 1{,}08 + 1{,}003.$$

Для измерения внутренних размеров, в том числе и диаметров отверстий, к собранным блокам присоединяется пара особых ножек (фиг. 98), размер которых необходимо прибавить к общему размеру



Фиг. 98. Измерение отверстий блоком концевых мер.

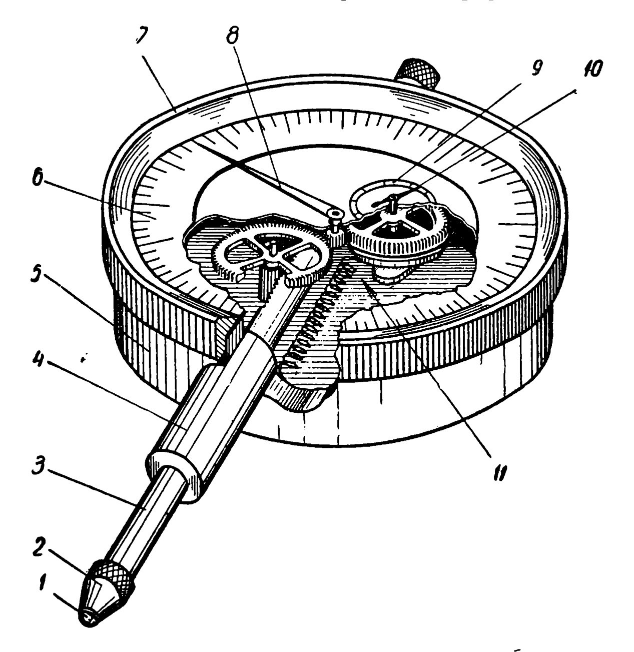
блока. Для того чтобы блоком мер было удобно пользовать, применяются особые струбцинки. На фиг. 98 показано пользование такой струбцинкой с блоком концевых мер и ножками для внутренних измерений при проверке диаметра кольца.

Следует помнить, что при работе с концевыми мерами высокой точности к их измерительным плоскостям нельзя прикасаться рука-

ми, а меры малых размеров нужно брать пинцетом. При измерениях наивысшей точности следует надевать резиновые перчатки, чтобы предотвратить во время работы попадание влаги на измерительные плоскости концевых мер.

§ 11. ЧАСОВОЙ ИНДИКАТОР

Индикатор часового типа (фиг. 99) служит для сравнительных измерений величины отклонений в размерах и форме деталей, точность изготовления которых не превышает 0,01 *мм*. Индикатор состоит из корпуса *5*, внутри которого расположен механизм *11* для передачи отклонений на подвижные стрелки циферблатов.



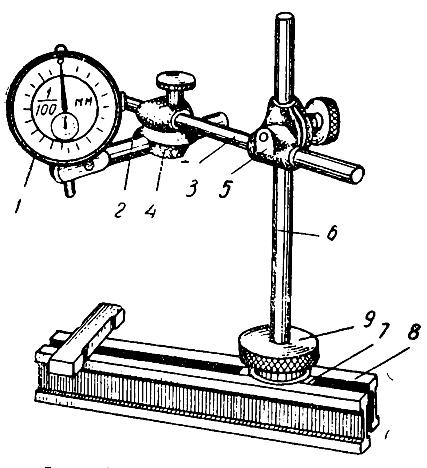
Фиг. 99. Устройство часового индикатора.

Индикатор имеет два циферблата со шкалами: один подвижный, а другой неподвижный. Подвижный циферблат укреплен на обойме *7*, имеющей наружную накатку. Неподвижный циферблат прикреплен штифтами к корпусу приспособления.

Шкала подвижного циферблата *6* имеет 100 делений по окружности, величина каждого деления составляет 0,01 *мм*. Отсчет производится с помощью стрелки *8*. Шкала неподвижного циферблата имеет 10 делений по окружности, отсчет ведется в миллиметрах по шкале циферблата *9* с помощью стрелки *10*.

Во втулке *4*, запрессованной в корпус инструмента, перемещается вдоль оси измерительный штифт *3* с рейкой, имеющей наконечник *2* с упорным шариком *1*. Рейка измерительного штифта при помощи ряда зубчатых колес связана со стрелками циферблата. Размер зубь-

ев рейки и число зубьев в колесах механизма рассчитаны таким образом, что перемещение измерительного штифта вдоль своей оси на величину 0,01 *мм* соответствует перемещению большой стрелки по окружности на одно деление шкалы; перемещение измерительного штифта в обратном направлении происходит под действием пружины на рычаг, который оттягивает измерительный штифт индикатора.



Фиг. 100. Индикатор на стойке.

Обращение с индикатором сравнительно простое. Однако следует помнить, что резкое перемещение измерительного штифта и попадание в механизм абразивной пыли быстро снижают точность показаний индикатора. Измерительный штифт смазывать не рекомендуется, так как смазка способствует скоплению грязи внутри механизма.

Индикатор широко применяется в машиностроении. Это объясняется простотой обращения с ним, надежностью и возможностью его применения в качестве составной части различных измерительных приспособлений.

При измерениях индикатор должен жестко закрепляться относительно измерительной базы. На фиг. 100 показана универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор *1* при помощи стержней *2* и *3*, муфт *4* и *5* закрепляют на вертикальной стойке *6*, которая укрепляется в пазу *7* призмы *8* гайкой *9*.

§ 12. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Автоматический контроль в процессе обработки имеет огромное преимущество перед остальными видами технического контроля. Это преимущество состоит в том, что такой способ контроля является прогрессивным видом технического контроля, предупреждающим появление брака и резко повышающим производительность труда. Поэтому автоматический контроль в процессе обработки в противоположность обычным способам измерения, которые только констатируют наличие брака и не воздействуют на технологический процесс, называют активным видом контроля.

Устройства для активного контроля могут быть разделены на:

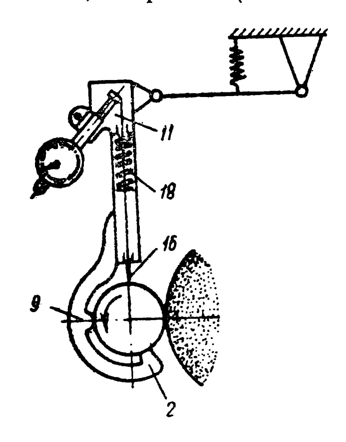
а) устройства, основанные на прямом методе измерения;

б) устройства, основанные на косвенном методе измерения.

Измерительный наконечник активного устройства, основанного на прямом методе измерения, соприкасается все время с поверхностью детали и непосредственно контролирует ее размер. Как только деталь достигнет заданного размера, устройство срабатывает и

станок останавливается, а обработка прекращается. Устройство, основанное на косвенном методе измерения, управляет заданной величиной перемещения механизма станка, несущего шлифовальный круг.

На фиг. 101 показана схема трехконтактной скобы, а ее общий вид приведен на фиг. 102. Наконечники *2* и *9* скобы являются упорными, а третий (подвижный) связан с измерительным штифтом *16* и прижимается к поверхности детали пружиной 18. При шлифовании диаметр детали уменьшается и измерительный штифт *16* опускается вниз, нажимая скосом *11* на наконечник индикатора.



Фиг. 101. Схема устройства трехконтактной скобы для автоматического измерения.

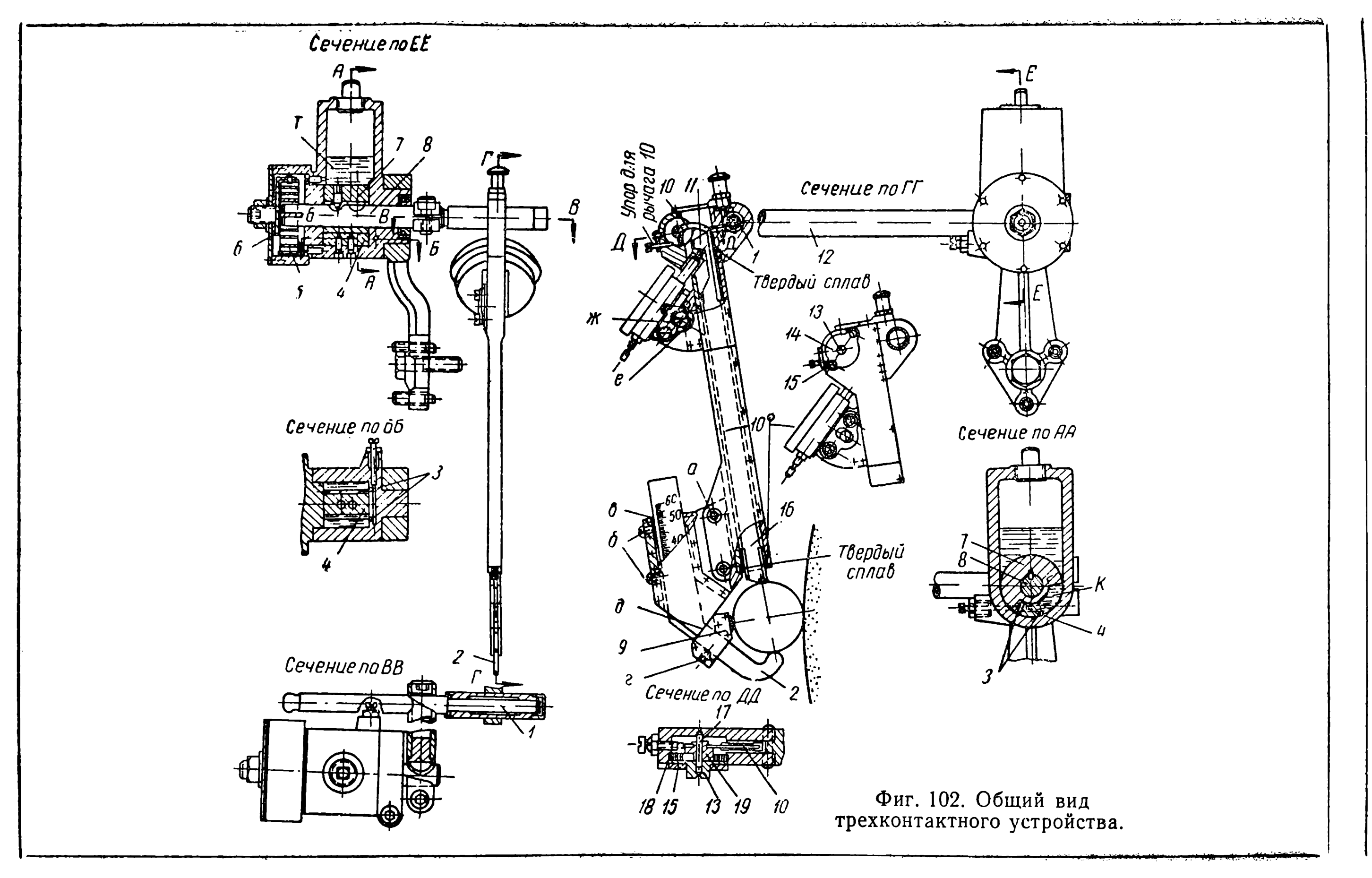
Устройство подвешивается к станку на кронштейне *12* и двух шарнирах *1*. Этот кронштейн одним концом шарнирно соединен со скобой, а другим жестко связан с валиком *8* масляного амортизатора.

Спиральная пружина *5* этого амортизатора закрепляется одним концом в валике *8*, а другим в корпусе *6* амортизатора и прижимает наконечники *2* и *9* к детали. Наконечник измерительного штифта *16* прижимается к детали пружиной *18* через цапфу *19*, имеющую прорезь для ввода конца этой пружины и рычажка *10*, вращающегося на оси *17* Второй конец пружины приклепан к регулятору *13*, посредством которого регулируется измерительное усилие, передаваемое от пружины *18*.

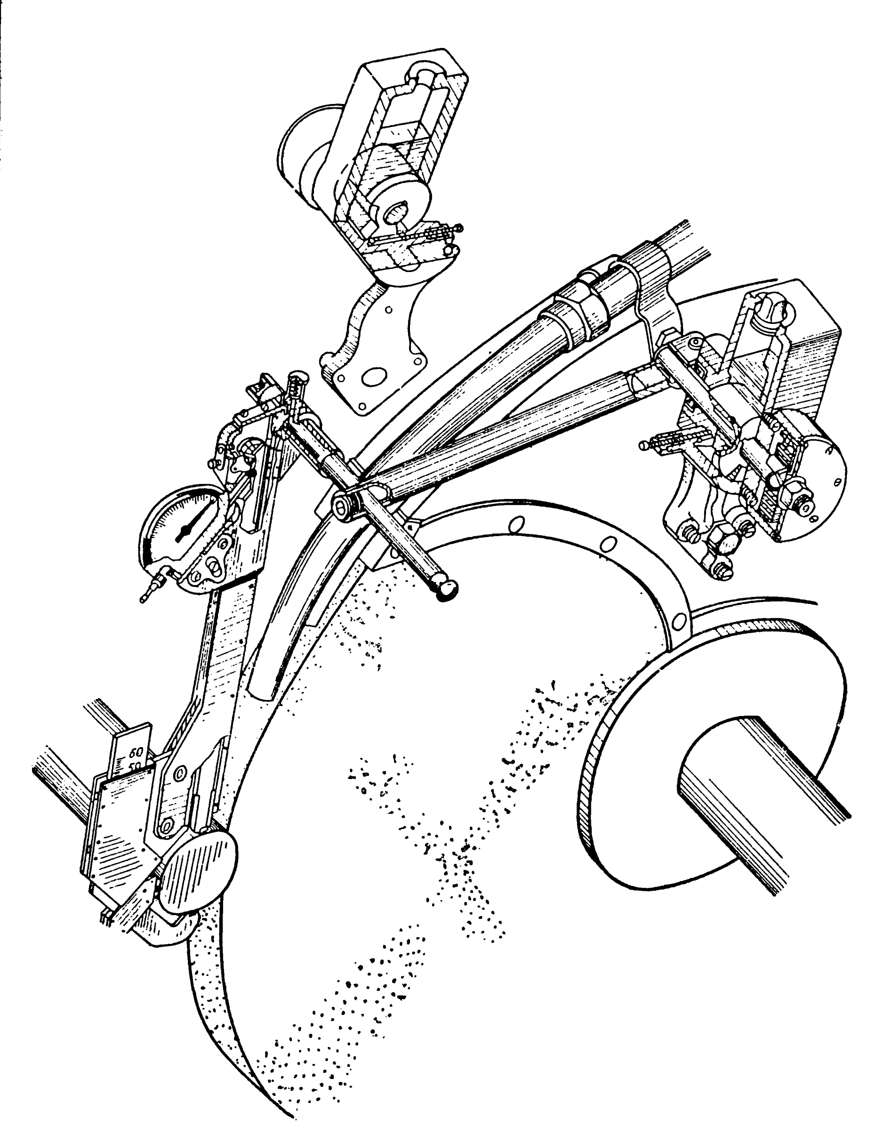
Нужное положение регулятор *13* сохраняет при помощи планки *14* и винтов *15*. Масляный амортизатор служит для медленного подъема скобы, снятой с обработанной детали. Его работа основана на перегонке масла из камеры в камеру барабаном *7* через калиброванные отверстия *3*. При подъеме скобы вверх барабан *7* повертывается до сухаря *4* и масло из резервуара *Т* попадает в пространство *К* между этим барабаном и сухарем.

Регулируемая скоба соединяется с корпусом разбираемого устройства с помощью двух разрезных втулок *а*. Для установки регулируемой скобы на заданный размер нужно отвинтить винты *б* и опустить рычаг *2* с делениями до совпадения нужного деления с верхним срезом скобы (в точке *в*). После этого завинчивают винты *б* и ослабляют винт *г* у колодки *9*, на которой закреплен средний боковой наконечник. Для установки его по центру вала необходимо сдвинуть колодку *9* вверх по рычагу *2* до упора в нижний срез скобы в точке *д* и затянуть винт *г*. Затем устанавливают устройство по эталону и производят точную настройку путем перемещения измерительного штифта и индикатора в нулевое положение.

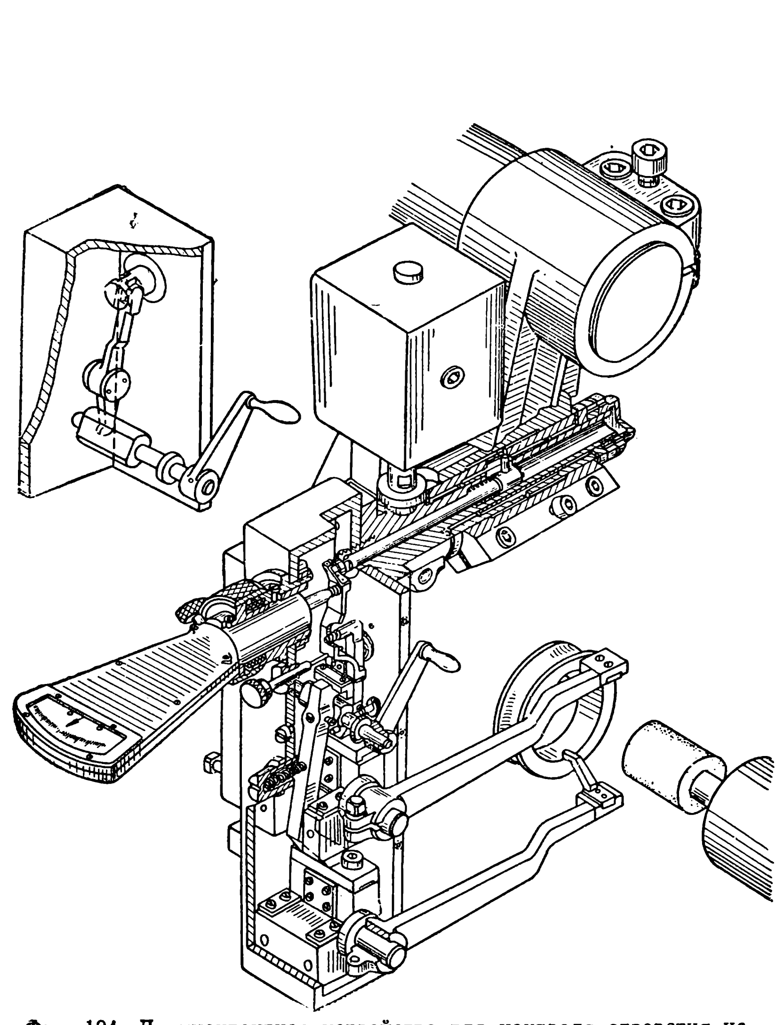
Это устройство может закрепляться на кожухе шлифовального круга, на столе станка или на бабке привода детали.



Фиг. 102. Общий вид трехконтактного устройства.

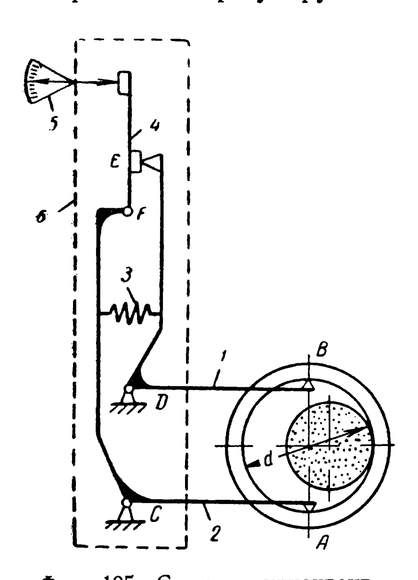


Фиг. 103. Трехконтактное устройство с регулируемой скобой на станке.



Фиг. 104. Двухконтактное устройство для контроля отверстия на станке.

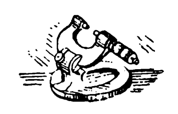
Установленным на станок это устройство показано на фиг. 103. Набор сменных регулируемых скоб позволяет производить работу с описанным устройством в диапазоне от 6 до 200 *мм*. На фиг. 104 изображен общий вид устройств для автоматического измерения отверстий в процессе шлифования.

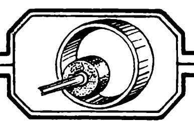


Фиг. 105. Схема двухконтактного устройства для автоматического контроля отверстий.

Автоматическое измерение отверстий в процессе обработки производиться по схеме, показанной на фиг. 105, где изображено двухконтактное устройство конструкции т. Мазина (авторское свидетельство № 80702). Работает это устройство так. Измерительные наконечники *A* и *B*, укрепленные в рычагах *1* и *2*, повертывающихся вокруг осей *C* и *D*, под действием пружины *3* соприкасаются с поверхностью шлифуемой детали. В точке *F* рычага *2* монтируется ось рычага *4*, который суммирует перемещения обоих наконечников *A* и *B* и передает суммарное перемещение миниметру *5*, закрепленному в корпусе *6* устройства.

Соотношение плеч рычагов *1*, *2* и *4* подобрано так, что точка *D* получает перемещение, равное суммарному измерению размера отверстия во время шлифования.





ГЛАВА IX

ВНУТРЕННЕЕ ШЛИФОВАНИЕ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Отверстия в деталях машин получаются разными способами. Ес- и они имеют большой диаметр, их выполняют в отливке или поковке; ри небольшом диаметре они сверлятся на сверлильных, токарных других подобных станках. Для получения необходимой точности о форме и размерам отверстия после операций отливки, ковки или верления подвергаются дальнейшей обработке различными инстру- ıентами.

Наивысшую точность и чистоту поверхности отверстий получа- ›т после их обработки развертками или шлифованием. Преиму- цество шлифования перед развертыванием состоит в том, что шлифо- анием можно обработать отверстия и в закаленных стальных еталях, где развертки совершенно неприменимы.

До шлифования отверстия должны быть предварительно обрабо- аны сверлами, зенкерами или расточными резцами и иметь соот- етствующий припуск на шлифование. Сначала производят черновое ılифование, а затем чистовое, с небольшим снятием металла.

В тех случаях, когда требуется особая степень чистоты обрабо- анной поверхности, отверстия после шлифования подвергают осо- ым видам чистовой обработки: притирочному шлифованию, довод- е или отделочному шлифованию на специальных станках. Эти опе- ации описаны в главе пятнадцатой.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

При наружном шлифовании диаметр круга не зависит от диамет- а детали, а выбирается в зависимости от размеров и мощности танка. При внутреннем шлифовании диаметр круга всегда должен ыть меньше диаметра отверстия. Работа кругами малых диаметров лечет за собой быстрый износ и частую правку. В связи с этим про- есс внутреннего шлифования еще важнее разделять на черновое и истовое шлифование, чем процесс наружного шлифования.

Работа шлифовального круга почти не зависит от того, какая по- ерхность обрабатывается внешняя или внутренняя. Следователь-

но, его окружная скорость в обоих случаях должна быть одинакова. Это вызывает необходимость сообщать шлифовальному кругу внутришлифовального станка очень большое число оборотов. Например, при обычной скорости 30 *м/сек* и диаметре круга 20 *мм* его число оборотов должно составлять приблизительно 28 000 об/мин. Достижение столь высоких скоростей вызывает целый ряд затруднений при создании станков с такими числами оборотов. Поэтому внутришлифовальные станки имеют пониженное число оборотов в ущерб производительности.

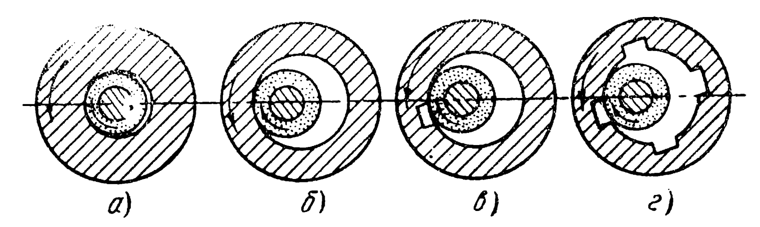
Особенности шлифования отверстий затрудняют удаление из них снимаемой стружки; при наружном шлифовании этих трудностей нет. Кроме того, наличие большой дуги соприкосновения между кругом и поверхностью детали вызывает повышенное теплообразование.

При внутреннем шлифовании работают без охлаждения значительно чаще, чем при наружном, ввиду трудностей подвода и отвода охлаждающей жидкости. Как правило, стальные детали шлифуются с охлаждением, а чугунные и бронзовые — всухую. Кроме того, при назначении охлаждения принимается во внимание и характер самой работы. Например, тонкостенные стальные и чугунные втулки сильно нагреваются и при работе без охлаждения их точные размеры могут быть получены только при весьма низких режимах шлифования. Обработка небольших участков массивных деталей не вызывает сильного нагревания и поэтому применение охлаждения в этом случае необязательно.

Точность обработки отверстий, получаемая шлифованием, довольно высока и достигает 2 класса точности.

§ 3. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

Диаметр шлифовального круга определяется диаметром отверстия. При диаметре отверстия от 30 до 40 *мм* (фиг. 106, *а*) круг берется почти равным этому диаметру и может входить в отверстие с небольшим зазором. С увеличением размеров отверстия от 50 до



Фиг. 106. Выбор круга для внутреннего шлифования.

150 *мм* размер круга принимается равным от 0,6 до 0,9 диаметра отверстия (фиг. 106, *б*). При очень больших отверстиях рекомендуется диаметр круга брать не более половины диаметра отверстия (табл. 16). Во всяком случае нужно, чтобы окружная скорость круга была не более указанной в маркировке.

Высота применяемых кругов выбирается в зависимости от их диаметра, мощности станка, способа шлифования и формы обрабатываемой поверхности. Если работа выполняется по способу многократных проходов, следует применять при диаметре круга более 50 *мм* круг высотой 50 *мм;* при диаметре меньше 50 *мм* его высота выбирается несколько меньшей и при малых диаметрах и маломощных станках доходит до 6—13 *мм.*

Таблица 16

Применяемые диаметры шлифовальных кругов при внутреннем шлифовании в *мм*

Диаметр отверстия	Диаметр шлифовального круга	Диаметр отверстия	Диаметр шлифовального круга
12—17	10	55— 70	50
17—22	15	70— 80	65
22—27	20	80—100	75
27—32	25	100—130	90
32—45	30	130—150	115
45—55	40	Свыше 150	125

Шлифование отверстий, поверхность которых пересечена шпоночными канавками (фиг. 106, *в* и *г*), производится кругами высотой 25—40 *мм.* Круги с высотой больше 50 *мм* применяются при шлифовании врезанием.

Большая дуга соприкосновения заставляет при внутреннем шлифовании выбирать более мягкие круги, чем для наружного шлифования.

§ 4. СПОСОБЫ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

Положение круга при шлифовании отверстия может быть таким, при котором круг касается той стороны отверстия, которая удалена от работающего. При таком положении удобнее наблюдать за работой, чем в том случае, когда круг находится в стороне, приближенной к шлифовщику, особенно при шлифовании внутренних конических поверхностей. Однако при первом положении круга охлаждающая жидкость очень расплескивается. Поэтому при работе на универсальных внутришлифовальных станках круг располагается у образующей, находящейся со стороны работающего, и процесс шлифования идет с автоматической поперечной подачей, как и при круглом наружном шлифовании. На универсальных станках шлифовальный круг можно устанавливать и так, как говорилось вначале, но тогда придется отказаться от автоматической поперечной подачи и переходить на ручную.

На практике применяются оба способа установки круга.

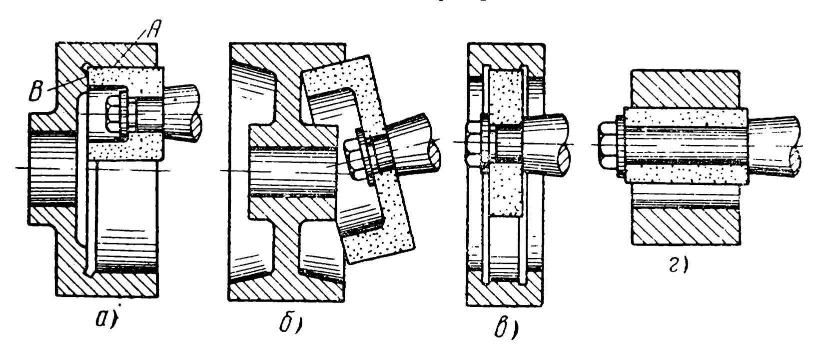
Использовав возможность установки круга у обоих взаимно противоположных образующих отверстия, можно проверить правильность установки передней бабки станка. Если бабка установлена неправильно, при шлифовании получится коническое отверстие. Его конусность можно обнаружить таким образом. Сначала надо шлифовать отверстие кругом, расположенным в одной стороне, а затем перемес-

тить его в противоположное положение и попробовать снять очень тонкую стружку. Если при перемещении шлифовального круга вдоль оси отверстия будет увеличиваться искрение, это значит, что имеется конусность, вершина которой направлена в сторону бабки. И, наоборот, если искрение, заметное вначале, при дальнейшем перемещении круга прекращается, то конусность имеет обратное направление. При правильной установке бабки отверстие получится цилиндрическим, и независимо от того, как будет расположен шлифовальный круг по отношению к отверстию, искрение будет одинаковым на всей его длине.

Шлифование многократными проходами. В процессе внутреннего шлифования нельзя допускать, чтобы круг выходил из отверстия (в обе стороны) больше, чем на половину его высоты. В противном случае отверстие у концов получится расширенным. Движения в станке при таком способе шлифования должны быть следующие: а) вращение шлифовального круга; б) подача детали; в) продольная подача шлифовального круга; г) поперечная подача (глубина резания).

Поперечная подача при внутреннем шлифовании должна иметь малые величины, так как в противном случае малый диаметр шлифовального шпинделя под давлением радиальной силы резания будет отжиматься.

Шлифование врезанием. На фиг. 107 изображены четыре случая внутреннего шлифования по способу врезания. Фиг. 107, *а* показы-



Фиг. 107. Шлифование врезанием.

вает шлифование корпуса шарикоподшипника, причем поверхности *А* и *В* обрабатываются с одной установки при неподвижном столе станка. На фиг. 107, *б* приведен случай шлифования внутренних конических поверхностей. Шпиндель шлифовального круга в этом случае повертывается под углом, а стол станка так же остается неподвижным. На фиг. 107, *в* приводится шлифование внутреннего цилиндрического желобка наружной обоймы роликового подшипника. Работа здесь ведется при неподвижном столе станка или же при получающем небольшие колебательные движения в направлении продольной подачи. Это движение создает лучшие условия работы шлифовального круга. И, наконец, на фиг. 107, *г* изображается шлифование

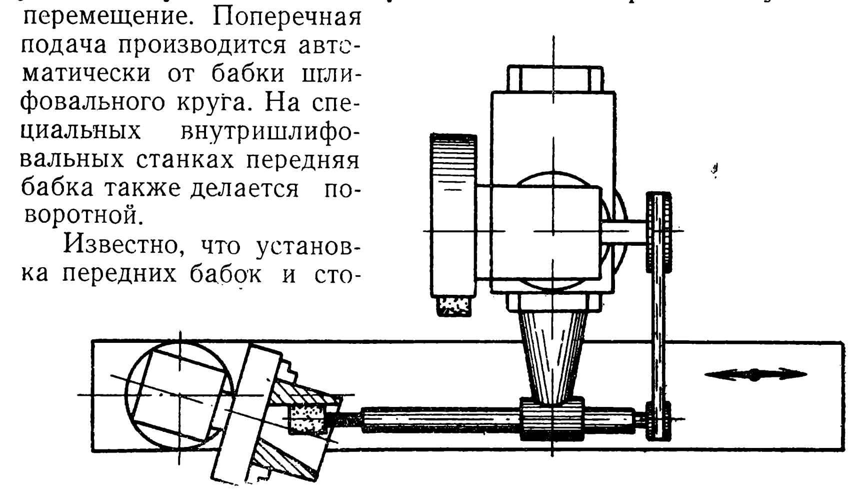
длинного отверстия. В данном случае шлифование врезанием, в особенности при небольшой длине отверстий, оказывается очень производительным.

§ 5. ШЛИФОВАНИЕ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шлифование конических отверстий производится теми же способами, что и шлифование наружных конических поверхностей. Для этой цели необходимо, чтобы шлифовальный станок имел поворотную переднюю бабку, в патроне которой закрепляется деталь и от которой она получает свое вращение.

Шлифование внутренней конической поверхности с помощью приспособления для внутреннего шлифования на круглошлифовальном станке показано на фиг. 108. Передняя бабка повертывается на угол уклона конуса детали. Столу сообщается возвратно-поступательное перемещение. Поперечная подача производится автоматически от бабки шлифовального круга. На специальных внутришлифовальных станках передняя бабка также делается поворотной.

Известно, что установка передних бабок и сто-



Фиг. 108. Шлифование внутренней конической поверхности.

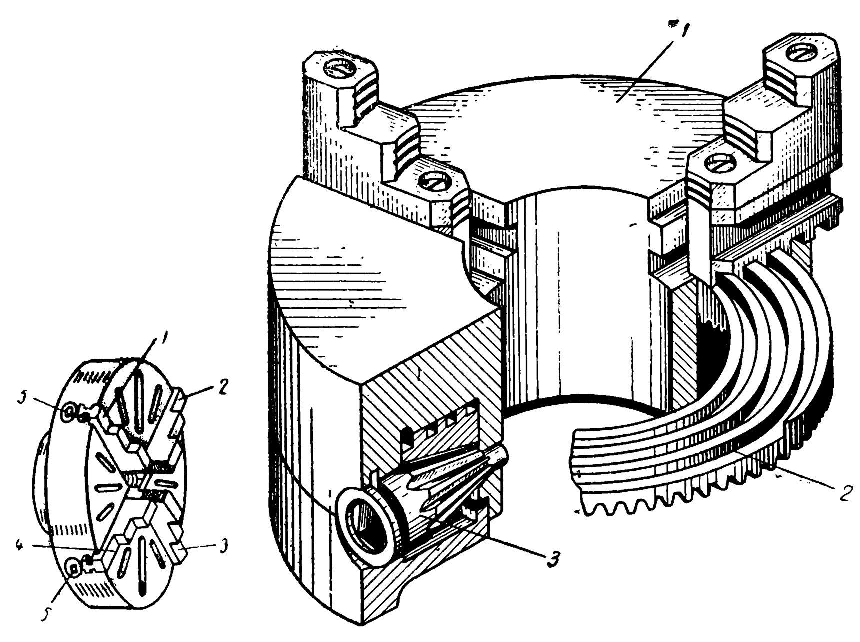
лов по градусным делениям их шкал не обеспечивает высокой точности работы. Поэтому до окончания шлифования отверстий следует проверять правильность угла конуса соответствующими измерительными инструментами, а в случае необходимости и вносить изменения в настройку стола или передней бабки.

§ 6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Главные требования, предъявляемые к зажимным приспособлениям для внутреннего шлифования, состоят в точности, прочности и быстроте крепления детали. Установка в зажимных приспособлениях должна вестись по наиболее точно обработанной поверхности детали — базе. Точнее всего следует устанавливать деталь с наружными цилиндрическими поверхностями, оси которых совпадают с осью обрабатываемого отверстия.

Зажимные приспособления делятся на две группы: универсальные и специальные. Последние служат для зажима только определенных деталей. По способу зажима приспособления можно разделить на приспособления с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим зажимами.

Четырехкулачковые патроны. Несимметричные и некруглые детали удобно закреплять в простом четырехкулачковом патроне



Фиг. 109. Простой четырехкулачковый патрон.

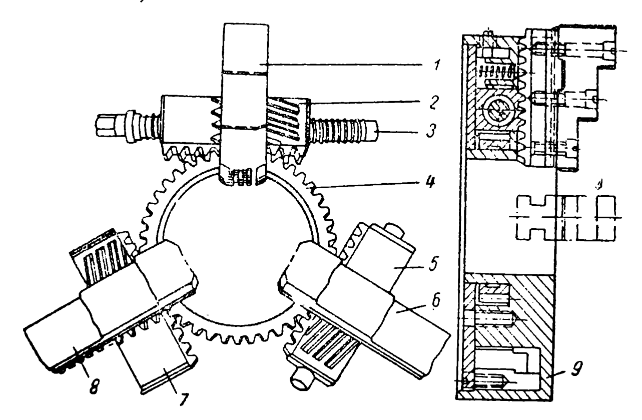
Фиг. 110. Самоцентрирующий трехкулачковый патрон.

(фиг. 109), где каждый кулачок *1, 2, 3, 4* передвигается независимо от других посредством винта *5*.

Самоцентрирующие патроны. Патроны этого типа позволяют быстро закреплять шлифуемую деталь с концентричной цилиндрической наружной поверхностью вследствие того, что кулачки их передвигаются одновременно. Самоцентрирующие патроны бывают различных конструкций. На фиг. 110 показан трехкулачковый самоцентрирующий патрон. Внутри его имеется диск *2*, на одной из боковых сторон которого нарезана спираль, а на другой — коническое зубчатое колесо. В корпусе патрона *1* установлены три зубчатых валика *3*, находящиеся в зацеплении с этим зубчатым колесом. Поэтому, если повертывать торцовым ключом любой зубчатый валик, то диск *2* будет вращаться. Так как его спираль входит в зубья кулачков, то при вращении этого диска все три кулачка будут одновременно приближаться к центру или удаляться от него, зажимая или освобождая деталь, помещенную в кулачках.

Такая конструкция патрона имеет существенные недостатки. Наружная поверхность выступов его кулачка сделана по форме кривой, кривизна которой соответствует кривизне первого от центра витка спирали диска *2*. Чем дальше от центра, тем больше радиус кривизны спиральной канавки диска, благодаря чему полного соприкосновения наружной поверхности выступа кулачка с поверхностью спиральной канавки не получается. Следовательно, по мере удаления кулачков от центра правильное соприкосновение спирали диска с выступами кулачков нарушается, что ведет к большим давлениям на единицу поверхности и быстрому износу кулачков.

Этот существенный недостаток устранен в другой конструкции самоцентрирующего патрона (фиг. 111). Перемещение кулачков *1*, *6* и *8* происходит при помощи реечной шестерни *4* и трех реек *2*, *5*



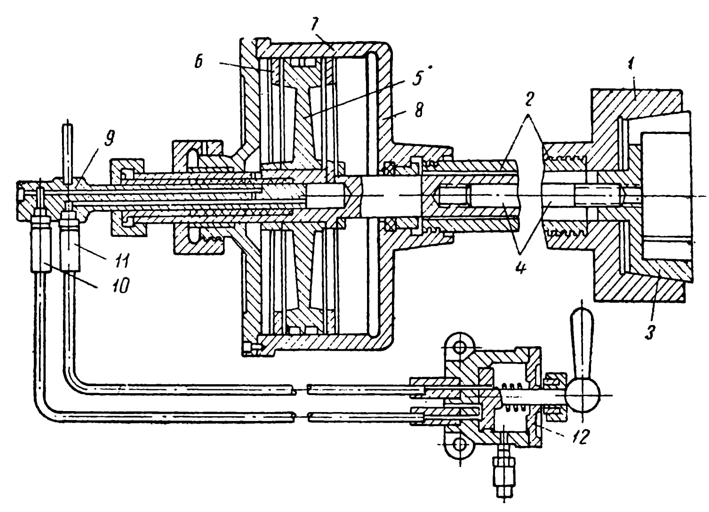
Фиг. 111. Самоцентрирующий трехкулачковый патрон.

и *7*. Рейка *2* снабжена внутренней нарезкой, в которую входит винт *3*. Все детали заключены в корпус патрона *9*. При вращении торцовым ключом винта *3*, который, ввинчиваясь в гайку-рейку, перемещает ее. Гайка-рейка вращает реечную шестерню *4*, которая в свою очередь перемещает рейки *5* и *7*. При этом наклонные зубья на рейках сдвигают или раздвигают в радиальном направлении кулачки *1*, *6* и *8*. Так как зубья на рейках и кулачках прямолинейные, то прилегание их друг к другу происходит по всей ширине кулачков. Отсюда значительно меньший износ зубьев и более надежный зажим деталей, и при закреплении детали не требуется большого физического усилия.

В последнее время широко применяются пневматические (работающие сжатым воздухом), гидравлические, электрические и электромагнитные зажимные приспособления. Применение этих патронов дает большую экономию вспомогательного времени, особенно в крупносерийном производстве.

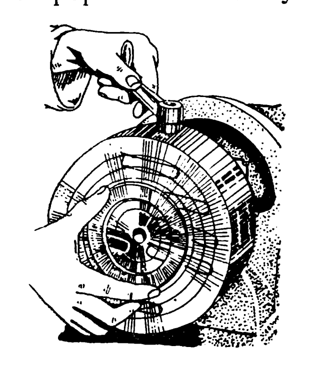
В пневматических патронах сжатый воздух поступает от компрессора в цеховую магистраль, от которой он направляется по трубопро-

водам к станкам. В этом патроне (фиг. 112) зажим производится усилием, создаваемым поршнем, на который действует сжатый воздух под давлением 5—6 *ат*. Корпус *1* патрона навинчивается на



Фиг. 112. Пневматический патрон.

шпиндель *2* станка. В нем находится коническая зажимная цанга *3* с прорезями. В цангу ввинчена тяга *4*, проходящая через отверстие в шпинделе. На другом конце тяги укреплен поршень *5* с привинченными к нему двумя кольцами *6* и двумя уплотнениями *7*. Поршень помещается в цилиндре *8*.



Фиг. 113. Установка обрабатываемой детали — кольца на магнитном патроне.

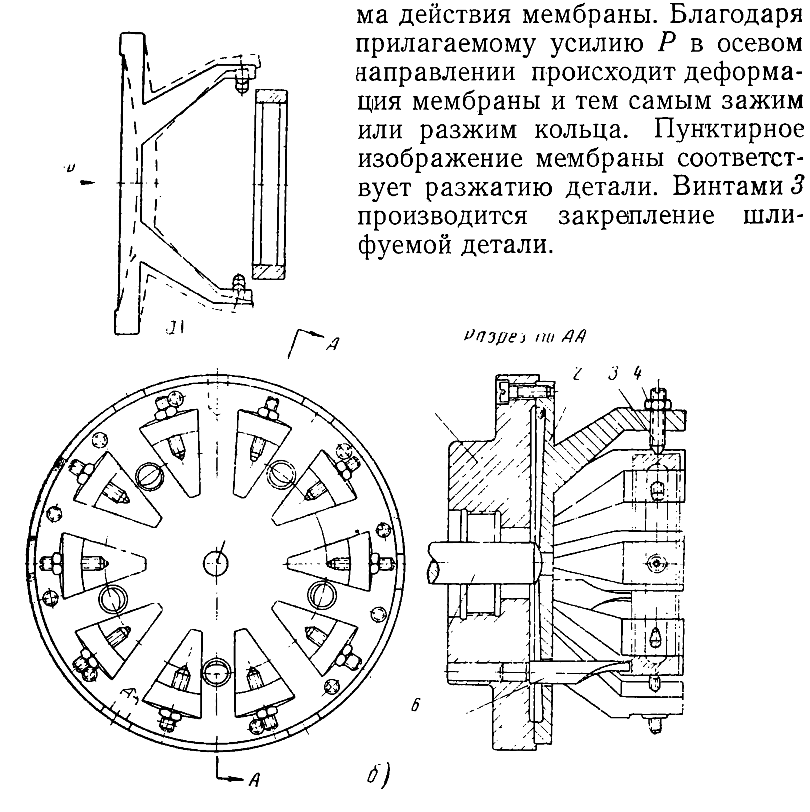
Сжатый воздух поступает в цилиндр из распределительной коробки *9*, снабженной двумя патрубками. Патрубок *10* подводит воздух к левой стороне поршня, вследствие чего поршень двигается вправо, освобождая зажатую в патроне деталь, а патрубок *11* подводит воздух к правой стороне поршня, отчего последний перемещается влево и зажимает деталь в патроне. Для направления сжатого воздуха в тот или другой патрубок служит золотник *12*, располагаемый у шлифовальной бабки под рукой у станочника.

Кроме описанных патронов универсального типа, имеется весьма большое количество специальных патронов.

Магнитные патроны. Эти патроны используются для шлифовки тонких дисков и колец. Магнитные патроны с постоянным магнитом не требуют специальных электрических устройств, они удобны и просты в эксплуатации (фиг. 113).

Принцип действия патрона подобен рассмотренной ранее конструкции магнитной плиты.

Мембранные патроны. Эти патроны обеспечивают высокую точность обработки детали. Принцип их действия основан на применении упругих свойств мембраны, изготовляемой из пружинной стали марки 65Г и термически обработанной. На фиг. 114, *а* показана схема действия мембраны. Благодаря прилагаемому усилию *P* в осевом направлении происходит деформация мембраны и тем самым зажим или разжим кольца. Пунктирное изображение мембраны соответствует разжатию детали. Винтами *3* производится закрепление шлифуемой детали.



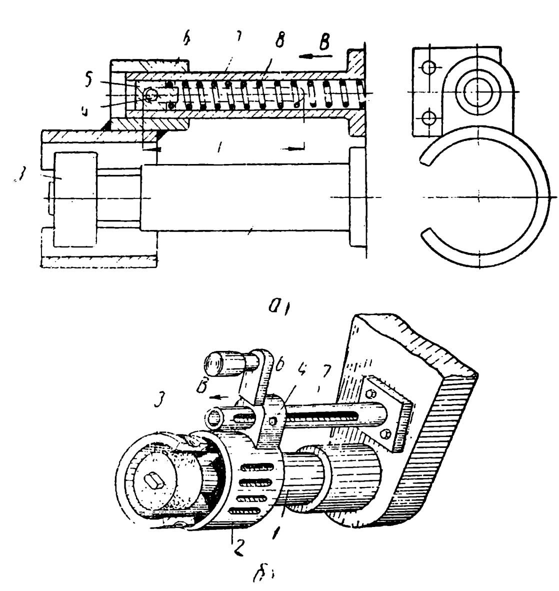
Фиг. 114. Мембранный патрон.

На фиг. 114, *б* показан мембранный патрон для зажима наружного кольца подшипника. Планшайба *1* навинчивается на шпиндель передней бабки станка. Мембрана *2* центрируется по заточке планшайбы и закрепляется винтами. Она имеет форму диска, несущего 10—12 кулачков. На конце каждого кулачка имеется винт *3*, который контрится гайкой *4*. Установка на размер производится путем регулирования этих винтов. Большое количество зажимных винтов предупреждает деформации шлифуемого кольца. Каждый из таких патронов предназначается для определенного диаметра шлифуемых деталей. На торце планшайбы устанавливаются упоры *5* для базирования кольца по торцу. Для освобождения детали, зажатой по наружному диаметру, служит толкатель *6*.

Мембранные патроны для закрепления и центрирования по внутреннему диаметру работают по тому же принципу, что и патроны для зажима по наружному диаметру.

§ 7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ

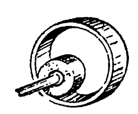
При шлифовании отверстий также не исключена возможность ранения рабочего осколками разорвавшегося шлифовального круга. Конструкций специальных ограждений круга существует несколько. Приведем одну из них, хорошо зарекомендовавшую себя в работе (фиг. 115). К передней стенке корпуса бабки шлифовального шпинделя *1* с абразивным кругом *3* привертывается направляющая втулка *7*, снабженная продольными пазами. По этой втулке перемещается другая втулка *6*, которая приварена к ограждению *2*. Внутри направляющей втулки может перемещаться сухарь *5*, соединяемый шпилькой *4* с втулкой *6*. Пружина *8* давит на сухарь в направлении стрелки *В*, отжимая в том же направлении ограждение *2*.

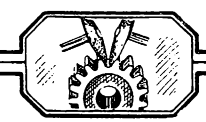


Фиг. 115. Ограждение при шлифовании отверстия:
а — схема; *б* — общий вид.

Таким образом, шлифовальный круг все время оказывается закрытым, а при подводе его к детали торец последней давит на ограждение и отводит вправо, давая этим самым возможность кругу шлифовать отверстие.

Необходимо следить и за тем, чтобы деталь была прочно закреплена в кулачках патрона, иначе она может вырваться и поранить работающего.





ГЛАВА X

ШЛИФОВАНИЕ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. СУЩНОСТЬ ФАСОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

До сих пор мы рассматривали шлифование деталей, имеющих цилиндрическую или плоскую форму. Кроме них, в машиностроении находят широкое применение детали разнообразной геометрической формы деталей. Поверхности деталей машин отличные от цилиндрических или плоских называются фасонными.

Фасонные поверхности встречаются довольно часто. К ним относятся: профили зубчатых колес, многошлицевые валики, профили режущих инструментов для изготовления зубчатых колес и шлицевых валиков, поверхности резьбовых соединений и многие другие.

Шлифование фасонных поверхностей можно производить двумя способами:

а) обработкой обыкновенными, не фасонными шлифовальными кругами, образующими заданную форму поверхности с помощью копиров, приспособлений в результате сложных движений станка; иначе говоря, обработкой детали простым по форме шлифовальным кругом, но сложными движениями механизмов станка; б) обработкой специальными шлифовальными кругами, имеющими сложный профиль обработанной поверхности при помощи простых движений станка.

Схема шлифования вогнутой фасонной поверхности по первому способу при помощи копира, закрепленного на верхней части стола и передвигающего деталь в поперечном направлении во время продольного хода стола, изображена на фиг. 116, *а*.

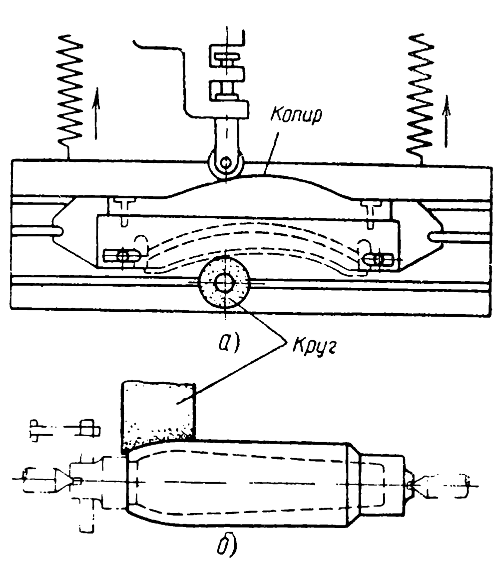
На фиг. 116, *б* показано шлифование фасонной поверхности на круглошлифовальном станке методом врезания фасонным или, как говорят, профилированным кругом.

В практике чаще всего применяется второй способ шлифования. Точность обработанных таким образом поверхностей зависит прежде всего от точности и правильности профилирования (правки) шлифовального круга. Образующая любой фасонной поверхности может быть разделена на отдельные простые элементы, т. е. на прямые линии или на дуги окружностей. Поэтому рассмотрим простейшие случаи профилирования шлифовальных кругов под угол и по дуге окружности.

Эти оба случая профилирования применяются самостоятельно, когда необходимо заправить круг или по прямой, или по дуге. Про-

филирование круга по прямой и по дуге одновременно, т. е. получение сложного профиля, не всегда производительно, и поэтому в массовом или серийном производстве выполняется чаще всего по копиру, который в точности воспроизводит на поверхности круга профиль обрабатываемой поверхности.

Процесс фасонного шлифования имеет свои особенности. Шлифовальный круг, подвергаясь непрерывному и неравномерному износу, довольно быстро изменяет свою форму, что влечет за собой изменение размеров и формы обработанной им поверхности. Поэтому шлифовальный круг приходится очень часто править и вопрос о фасонном шлифовании теснейшим образом связан с вопросом о правке круга.



Фиг. 116. Способы фасонного шлифования: *а* — при помощи копира; *б* — профилированным кругом.

Вследствие большой длины соприкосновения шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью при фасонном шлифовании возникают значительно большие усилия, чем при круглом наружном шлифовании цилиндрических или конических поверхностей. Это требует применения более массивных мощных станков.

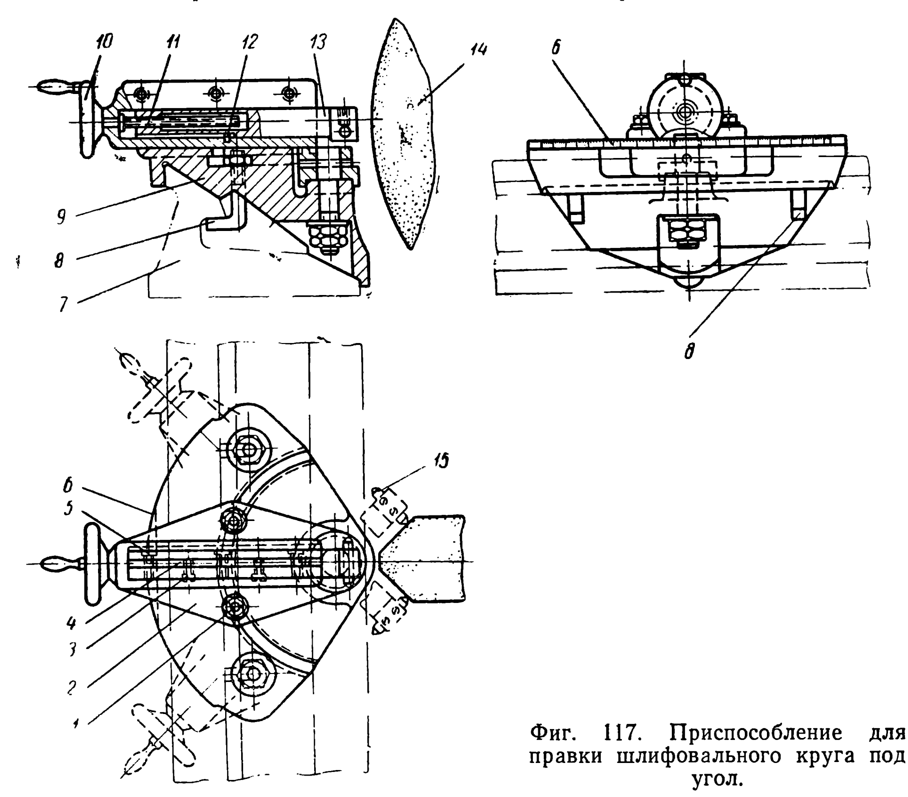
По этой же причине фасонное шлифование сопровождается сравнительно большим выделением теплоты и более высокой температурой нагрева круга и детали.

§ 2. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА ПОД УГОЛ

Приспособление для профилирования периферии шлифовального круга под различными углами в пределах до 45° изображено на фиг. 117. Правка каждой стороны круга *14* производится при помощи отдельного алмаза *15*. Приспособление закрепляется своим основанием *9* на столе *7* шлифовального станка двумя болтами *8*. На основании *9* приспособления устанавливается плита *2*, которая может повертываться вокруг оси. Плита *2*, закрепленная в нужном положении болтами *1*, снабжена алмазодержателями *13*. Головки болтов *1* находятся в кольцевых Т-образных пазах основания *9*. Вместе с алмазом плита *2* может повертываться на угол, соответствующий нужному углу профилирования, указанному на шкале *6* основания *9*.

Верхняя часть опоры алмазодержателей снабжена пазом *4*, дающим возможность компенсировать износ тремя натяжными винтами

5. Паз заполняется войлочной прокладкой, предохраняющей от попадания грязи и абразивной пыли. Установочные винты 3 предохраняют опору от излишнего натяжения. Подача алмазодержателя к шлифовальному кругу производится винтом 11, вращаемым махо-вичком 10. Перемещение алмазодержателя направляется шпонкой 12.



Фиг. 117. Приспособление для правки шлифовального круга под угол.

§ 3. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА ПО ДУГЕ

Профилирование круга по дуге окружности производится при помощи приспособлений разной конструкции. Одно из них показано на фиг. 118. Приспособление устанавливается на столе шлифовального станка. Оно состоит из основания 1, стойки 4, шайбы 2, гайки 3, ручки 15, алмазодержателя 11, упорного кольца 10, винтов 8 и 9, стопорного винта 7, алмаза 6, контрольного валика 5, регулирующей гайки 12 и регулирующего винта 13.

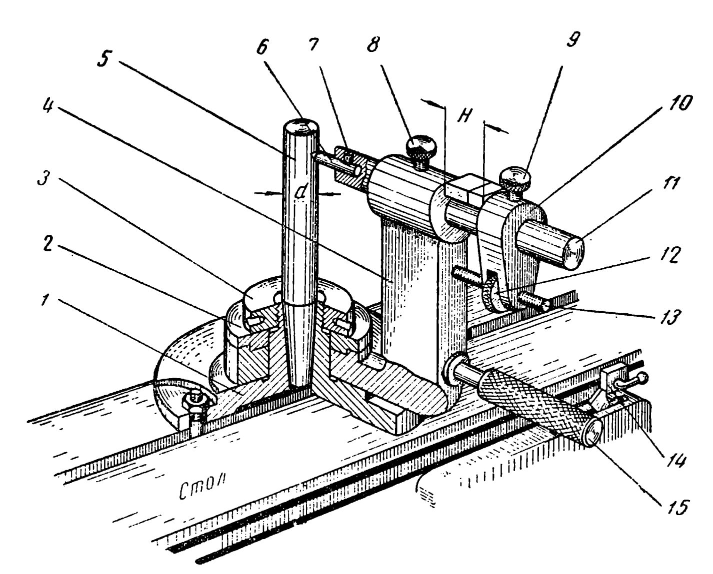
Процесс правки сводится к следующему. Алмаз 6 нужно подвести к контрольному валику 5 и закрепить алмазодержатель в этом положении винтом 8. Затем необходимо подобрать блок концевых мер длины, размер которого H определяют по формуле:

$$H = \frac{d}{2} \pm R,$$

где d — диаметр контрольного валика *5;*
R — радиус профилируемой поверхности.

Знак плюс ставится тогда, когда шлифуемая деталь имеет выпуклость, следовательно, шлифовальный круг должен иметь вогнутость. Наоборот, знак минус принимается при вогнутости детали; в этом случае круг будет заправляться выпуклым.

Блок устанавливают между упорным кольцом *10* и опорной плоскостью стойки *4*. Затем укрепляют это кольцо, ослабляют винт *3*,



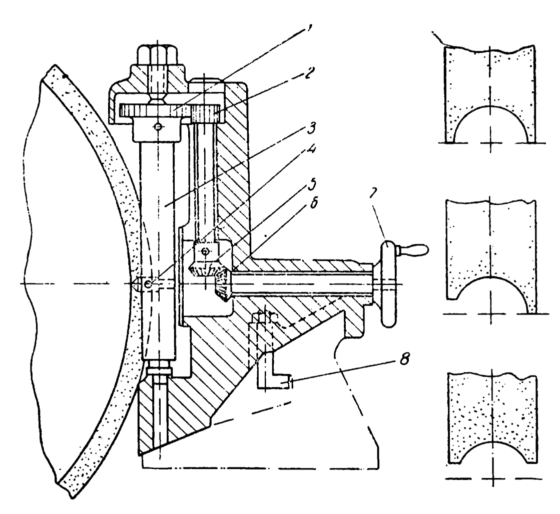
Фиг. 118. Приспособление для правки шлифовального круга по дуге окружности.

а алмазодержатель *11* отводят назад для удаления блока концевых мер и контрольного валика *5*. Затем алмазодержатель передвигают вперед до соприкосновения торцов кольца *10* с опорной плоскостью стойки *4* и закрепляют винтом *8*.

Далее приспособление подводят к наружной поверхности шлифовального круга и, поставив алмаз *6* перпендикулярно ее образующей, гайкой *3* закрепляют его в установленном положении. Передвигая стол вдоль поверхности круга, правят его по цилиндру до получения ровной поверхности. Затем, замечая положение шлифовального круга по нониусу поперечной подачи и считая это нулевой установкой в поперечном направлении, переводят стол в такое положение, чтобы острие алмаза оказалось на середине круга. В этом положении стол удерживается упором *14*. Для заправки радиуса нужно ослабить гайку *3* так, чтобы стойка *4* свободно вращалась относительно ее оси. Двигая алмаз за ручку *15* и сообщая ему по мере необходимости поперечную подачу, производят профилирование шлифовального круга.

На фиг. 119 представлена еще одна несложная конструкция устройства для профилирования вогнутых дуговых участков на шлифо-

вальных кругах высотой более 50 *мм.* Цилиндрический стержень алмазодержателя *4* закреплен в отверстии поворотного шпинделя *3* так, что может в нем переставляться. Шпиндель приводится во вращение маховичком *7* при помощи конических зубчатых *5* и *6* и цилиндрических *1* и *2* колес. Двумя болтами *8* приспособление закрепляется на



Фиг. 119. Приспособление для правки круга по дуге.

столе. Будучи установлен на соответствующее расстояние от оси вращения, алмаз производит при этом профилирование вогнутого участка заданного радиуса.

При правке круга по цилиндрической поверхности шпиндель *3* сбоку закрепляется винтом, после чего приспособлению дается продольная подача.

Получаемые при помощи этого устройства профили шлифовальных кругов показаны на фиг. 118 справа.

§ 4. ПРОФИЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ

В случае, когда форма обрабатываемой поверхности сложна, прибегают к профилированию круга при помощи копира.

Копирное приспособление, показанное на фиг. 120, предназначено для профилирования фасонных шлифовальных кругов на плоскошлифовальном станке. В нижней части его корпуса имеется вырез для установки копира *9*, изготовленного из закаленной стали и имеющего профиль, соответствующий профилю обработанной поверхности.

Верхняя часть приспособления *8* перемещается по направляющим корпуса с помощью винта *2*, связанного с маховичком *1*. Алмазодержатель *4* может свободно скользить вверх и вниз в подшипнике *5* и в то же время удерживаться от вращения вокруг своей оси шпонкой, не показанной на фигуре.

Нижний конец алмазодержателя заострен и прижимается к рабочей поверхности копира *9* пружиной *7*, расположенной между торцовыми поверхностями подшипника *5* и алмазодержателя *4*. Крышка *3* защищает нижнюю часть алмазодержателя и подшипника от попадания абразивных отходов, увлекаемых охлаждающей жидкостью. При перемещении вдоль копира острие алмаза будет двигаться вверх и вниз, придавая шлифовальному кругу требуемую форму.

Механизмы приспособления для предохранения от попадания абразивной пыли защищены уплотнителями *6*.

Приспособление закрепляется на столе шлифовального станка так, чтобы острие алмаза и ось вращения круга находились в одной вертикальной плоскости.

На фиг. 121 изображено другое копирное приспособление. Оно представляет собой супорт с продольными и поперечными салазками. Салазки *8* перемещаются винтом от рукоятки *5*, а салазки *1* — с помощью пружины *2*. К нижней части супорта прикреплен кронштейн *7*, на котором параллельно оси супорта имеется прошлифованная база для установки копиров *6* необходимого профиля.

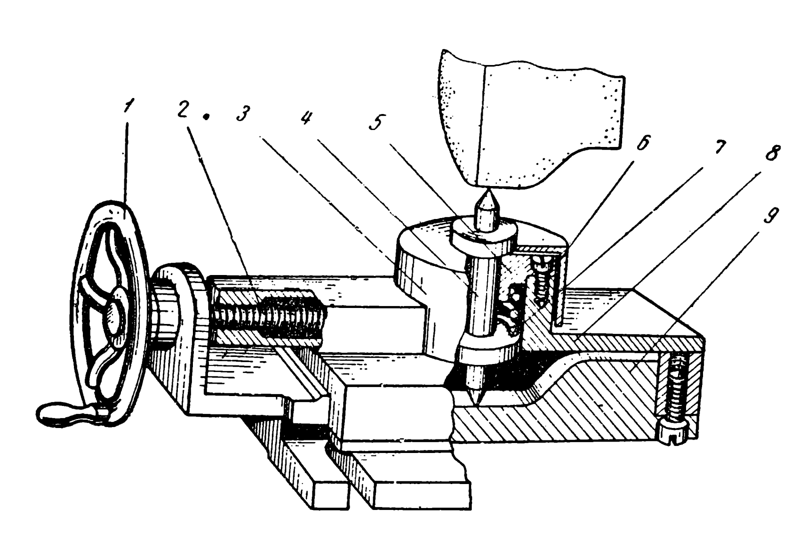
Для профилирования круга на кронштейне устанавливается соответствующий копир и к нему пружиной прижимается копирный штифт *4*, установленный на оси *3* кронштейна движка. При перемещении продольных салазок приспособления алмаз полностью воспроизводит форму копира.

§ 5. БЕЗАЛМАЗНОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

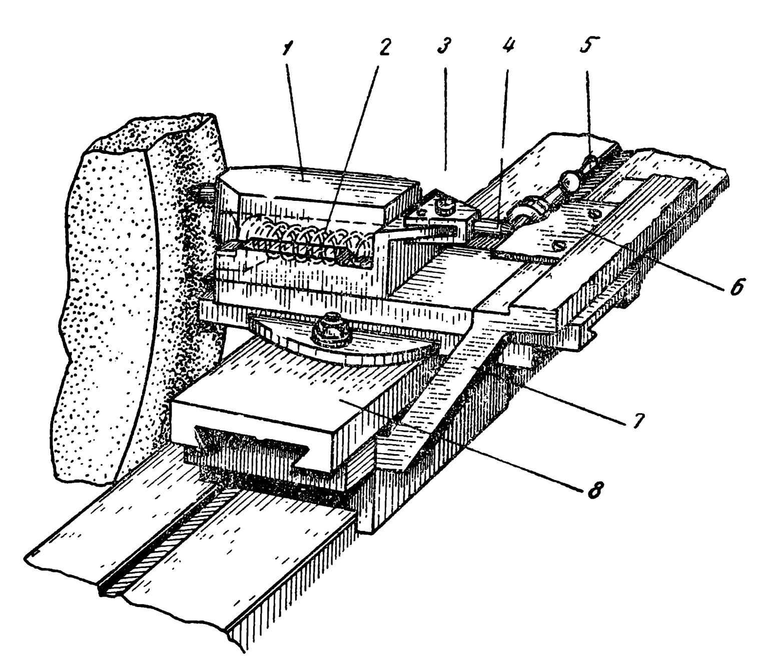
Процесс профилирования шлифовальных кругов сложной формы распадается на ряд простых операций (профилирование по прямой, по дуге круга и т. д.), в результате выполнения которых получается сложный профиль поверхности круга. Такой способ требует применения многих различных приспособлений, в некоторых случаях очень сложных и универсальных, а его осуществление — большой затраты труда и высокой квалификации шлифовщика. Значительно проще и дешевле способ безалмазной правки фасонных профилей.

Сущность процесса безалмазного профилирования шлифовальных кругов состоит в том, что правка ведется стальным роликом, профиль которого в точности соответствует профилю обработанной поверхности. Такое профилирование дает возможность относительно легко достигнуть желаемой точности, в то же время избежать многочисленных переходов и проходов, к которым приходится прибегать при правке алмазными приспособлениями, чтобы получить заданный профиль шлифовального круга. Большим преимуществом безалмазной правки шлифовальных кругов является и то, что профилирование производится не дорогим алмазом, а более дешевым стальным роликом.

Этот способ профилирования можно применять для очень многих поверхностей фасонного профиля и особенно таких, которые обрабатываются шлифовальными кругами диаметром более 400 *мм*.

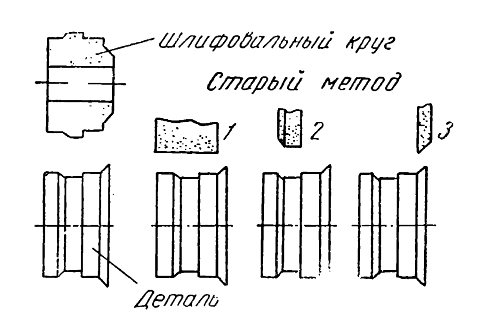


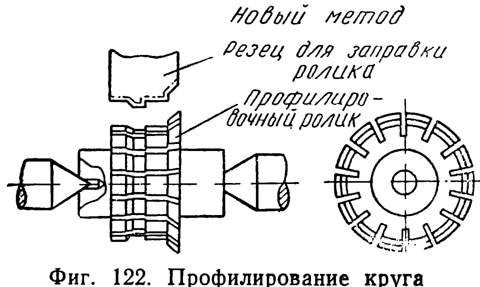
Фиг. 120. Приспособление для профилирования по копиру.



Фиг. 121. Копирное приспособление для профилирования круга.

В случае применения данного способа нужно помнить, что профилированный круг в разных точках своего профиля имеет различные скорости и чем больше глубина профиля шлифовального круга, тем больше разница в его окружных скоростях. Поэтому шлифование глубоких профилей труднее, чем шлифование менее глубоких.





Фиг. 122. Профилирование круга роликами.

Схема профилирования шлифовального круга для обработки фасонных поверхностей, которая применяется в инструментальном цехе Горьковского автомобильного завода, представлена на фиг. 122. Она показывает преимущество применения профилировочных роликов по сравнению с профилированием кругов по отдельным элементам профиля. По старому методу шлифование производилось тремя шлифовальными кругами *1, 2* и *3* поочередно.

По новому методу шлифование сложного профиля производится профилированным шлифовальным кругом сразу по всему контуру, форма которого образуется накатным роликом.

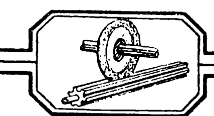
Накатные ролики для профилирования шлифовальных кругов изготовляются из стали марки У8А и термически не обрабатываются. По их окружности делаются глубокие и узкие канавки с неравномерным шагом, способствующие правильному выкрашиванию зерен при профилировании. Ролики помещаются на оправку и обрабатываются резцом, имеющим тот профиль, который придается шлифовальному кругу. В процессе правки шлифовальных кругов накатные ролики изнашиваются по профилю, но процесс его восстановления очень прост и занимает несколько минут. Для этого ролик ставят на токарный станок и подправляют профиль резцом, которым производилась обработка ролика в первый раз. Таким образом, в процессе работы ролик может несколько раз восстанавливаться.

Профилирование шлифовальных кругов накатными роликами состоит в следующем. Оправка с роликом крепится в упорных центрах круглошлифовального станка в том месте, где обычно находится деталь. Ее крепление должно быть достаточно подвижным, чтобы была возможность свободного вращения оправки в центрах. После этого приводят круг в соприкосновение с накатным роликом и начинают вращать шпиндель шлифовального круга вручную. Это объясняется

тем, что профилирование роликами требует малых скоростей вращения, иначе вместо профилирования круга может произойти сошлифовывание профиля ролика. Таким образом, ролик прижимается к медленно вращающемуся шлифовальному кругу, зерна которого выкрашиваются до тех пор, пока не образуется требуемый профиль поверхности круга. Необходимо следить за тем, чтобы абразивная пыль немедленно удалялась охлаждающей жидкостью.

Процесс шлифования профиля на детали ведется методом поперечной подачи (врезания).





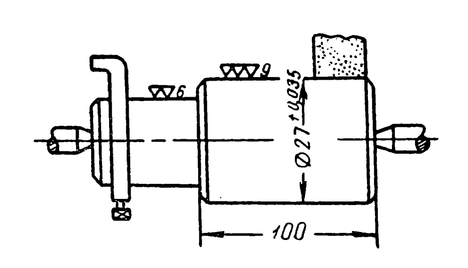
ГЛАВА XI

СЛОЖНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

§ 1. ШЛИФОВАНИЕ ВАЛИКА

При выполнении сложных работ на шлифовальных станках наряду с выполнением сложных приемов приходится выполнять и много приемов, свойственных простым работам. Поэтому прежде чем перейти к описанию сложных шлифовальных работ, следует разобрать пример обработки несложной детали, например, валика.

Размеры валика указаны на фиг. 123. Его материал — закаленная углеродистая сталь. Операция состоит в круглом наружном шлифовании валика шлифовальным кругом из электрокорунда нормального, имеющим диаметр 350 *мм,* ширину 25 *мм,* твердость СМ2 и зернистость 36—46. Измерение ведется микрометром.



Фиг. 123. Шлифование валика.

До начала работы шлифовальный круг правят твердосплавными дисками, для чего упоры автоматической продольной подачи устанавливают по ширине круга. Оправку с твердосплавными дисками вручную устанавливают против шлифовального круга. Шлифовальный круг осторожно подводят к правильному устройству и включают автоматическую продольную подачу.

Перед установкой детали на станок проверяют, нет ли на рабочих поверхностях упорных центров каких-либо повреждений. Центровые отверстия детали тщательно очищают и смазывают солидолом. После этого приступают к выверке центров станка. Заднюю бабку ставят в нужное положение и, надев на шлифуемую деталь хомутик, закрепляют его болтом. Затем, взяв деталь в левую руку, ставят ее центровым отверстием на центр передней бабки, одновременно отводя правой рукой задний центр. После этого подводят деталь, вводят в ее второе центровое отверстие упорный центр задней бабки.

Правильность давления пружины заднего центра проверяют сле-

дующим образом. Если при повертывании вручную деталь вращается с усилием, давление уменьшают, немного отодвинув вправо заднюю бабку, если же деталь вращается слишком легко, то ее слегка прижимают упорным центром задней бабки при помощи винта.

Установка упоров продольной подачи производится таким образом, чтобы при шлифовании круг не задевал за хомутик и не выходил из соприкосновения с деталью. При чистовом шлифовании кругу дают возможность выходить из соприкосновения с деталью на величину от 5 до 10 *мм*. Затем устанавливаются нулевые линии передней бабки и поворотного стола, и сначала дают вращение шлифовальному кругу, а затем детали. Круг подводится осторожно, так, чтобы он слегка коснулся детали, и дают пробный проход. Если при этом стружка по длине вала не будет увеличиваться, то круг отводят обратно, пускают охлаждение и начинают шлифование.

Если при пробном проходе будет обнаружено, что деталь получается на конус, круг отводят, микрометром измеряют размеры диаметра на одном и другом концах валика и затем повертывают при помощи микрометрического винта верхнюю часть стола до тех пор, пока конус исчезнет и получится правильная цилиндрическая поверхность.

Шлифование валика производится в два приема: а) черновое шлифование с припуском на чистовое, равным 0,05—0,08 *мм* на сторону; б) чистовое шлифование, осуществляемое с меньшей продольной подачей.

Для того чтобы быстро и производительно работать, шлифовщик должен иметь запасный комплект хомутиков и осуществлять во время шлифования одной детали подготовку другой, т. е. закрепление хомутика и подготовку центровых отверстий.

§ 2. ШЛИФОВАНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

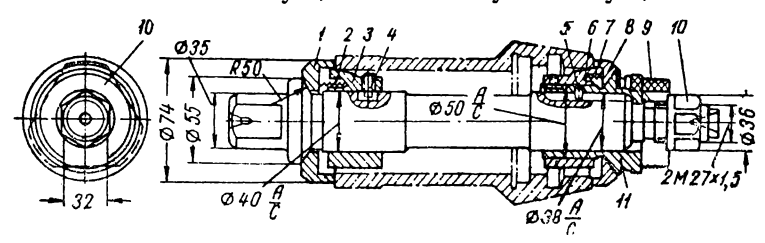
Цанги, втулки и другие тонкостенные детали при термической обработке получают деформацию. Это затрудняет шлифование наружного диаметра на обычных цилиндрических оправках. Для предупреждения брака шлифование необходимо вести на специальных оправках с самоустановкой детали по отверстию и торцам.

Оправка, предназначенная для шлифования цанги револьверного станка, показана на фиг. 124. Центрирование цанги на оправке осуществляется коническими втулками *3* и *6* с углом конуса 15°. На конической поверхности втулок имеется три лыски, расположенные на равном расстоянии друг от друга по окружности, благодаря чему эта поверхность прилегает к цанге только в трех местах. Втулки *3* и *6* выполнены из цементированной стали и закалены. Коническая втулка *3* надевается на оправку так, чтобы она имела некоторую свободу перемещения в осевом направлении. Винт *4* предохраняет ее от вращения относительно оправки.

Втулка *6* сидит на втулке *11* и вместе с ней может сниматься с оправки. Будучи посажена на оправку, цанга удерживается упорными качающимися шайбами *1* и *8* и направляющим штифтом *5*.

Это позволяет цанге самоустанавливаться на конусах втулок *3* и *6*, без опасения ее расклинивания или смещения при затяжке гайкой *10*. Между шайбой *1* и втулкой *3*, а также шайбой *8* и втулкой *6* находится по три пружины *2* и *7*.

Для того чтобы снять обработанную цангу и установить новую, необходимо ослабить гайку *6*, снять съемную шайбу *9*, снять втулку,

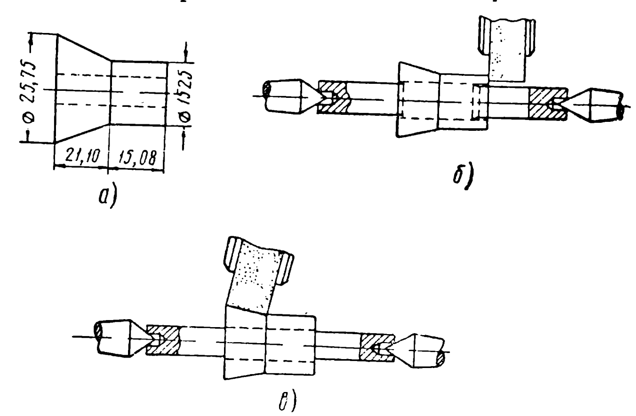


Фиг. 124. Оправка для шлифования тонкостенных деталей.

на которой смонтированы шайба *8* и конус *6*. При установке цанги нужно насадить ее на втулку *3*, надеть на оправку втулки *11*, вставить съемную шайбу *9* и затягивать гайкой *10* до тех пор, пока цанга не окажется зажатой между шайбами *1* и *8*.

§ 3. ШЛИФОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При точном (до 0,01 *мм*) шлифовании сопряженных цилиндрических и конических поверхностей необходимо обратить особое внима-



Фиг. 125. Шлифование цилиндрической поверхности с переходом на конус:
а — деталь; *б* — шлифование торцов; *в* — шлифование.

ние на порядок чередования операций технологического процесса. Неправильный подход к очередности обработки поверхности может повлечь за собой брак.

На фиг. 125, *а* показана деталь, которую необходимо прошлифовать. Порядок работы должен быть следующим. Внутреннее отвер-

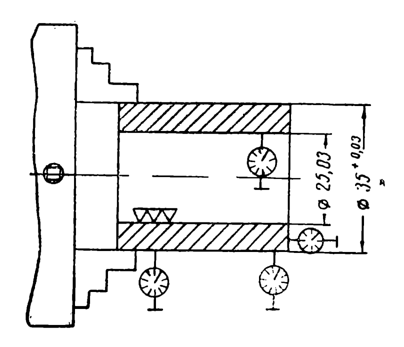
стие под оправку обрабатывается до заданного размера шлифованием или развертыванием. После этого деталь насаживается на оправку и шлифуются торцы, как показано на фиг. 125, *б*. Оба торца шлифуются без снятия детали с оправки. Оправка должна быть сделана так, чтобы ее выступающие из отверстия концы имели диаметр меньше диаметра посадочной части. При таких условиях круг не оставит заусенцев.

В последней операции шлифуется конус. Шлифование производится на стальной закаленной оправке (фиг. 125, *в*) способом врезания с поворотом шлифовального круга на требуемый угол. Стол укрепляется неподвижно, чтобы при шлифовании конуса он не мог отклониться. Только при этом условии можно получить коническую поверхность без подрезки в месте перехода из конуса в цилиндр.

§ 4. ШЛИФОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОЛЬЦА

На фиг. 126 показано шлифование цилиндрического кольца на внутришлифовальном станке.

После выбора круга закрепляют его на оправке при помощи гайки, заложив картонные прокладки между шайбами и кругом, вставляют оправку в шлифовальную головку и производят правку шлифовального круга. Шпиндель поворотной бабки устанавливают в нулевое положение. На шпиндель навертывается патрон, в кулачках которого зажимают валик. Затем включают вращение поворотной бабки и, смещая кулачки патрона, по мелу выверяют валик таким образом, чтобы не было заметно биения. Затем на продольной подаче подводят шлифовальный круг к валику и, коснувшись им поверхности валика, устанавливают упоры продольного хода стола. Сделав два-три рабочих прохода кругом по поверхности валика, отводят шлифовальный круг от этой поверхности, останавливают вращение бабки и микрометром измеряют крайние диаметры валика. Если на валике получается конус, необходимо сделать небольшой поворот бабки с таким расчетом, чтобы на валике получалась цилиндрическая поверхность. После выверки останавливают станок и вынимают валик. На этом выверка станка считается законченной.



Фиг. 126. Шлифование цилиндрического кольца.

Для установки детали на станок ее предварительно зажимают в кулачках патрона и выверяют на биение по диаметру (в начале и конце) и торцу с помощью мела. Для соблюдения наибольшей точности установки рекомендуется проверить и по внутреннему диаметру.

Выверка на биение производится следующим образом. Бабка, в которой зажата деталь, приводится во вращение. Левая рука кла-

дется на твердую опору, а на нее правая рука, в которой держат кусочек мела, легко касающийся поверхности детали. Если меловая линия ложится не по всей окружности детали, то начинают поджимать кулачок патрона, расположенный против середины меловой линии. Поджатие проводят до тех пор, пока меловая линия будет равномерно ложиться по всей окружности. После этого поджимают кулачки и окончательно устанавливают деталь по индикатору. Выверка считается законченной, если стрелка индикатора не будет показывать отклонений более 0,02—0,03 *мм*.

Затем включают шпиндель шлифовального круга, вращение шпинделя передней бабки и подводят шлифовальный круг к торцу детали. После этого устанавливают упор, пропускают шлифовальный круг через обрабатываемое отверстие, не касаясь его стенок и не доходя до торцовой поверхности патрона на 3—4 *мм*, устанавливают упор. Включают самоход и регулировочными винтами окончательно устанавливают упор таким образом, чтобы шлифовальный круг с переднего края детали не сходил на $^1/_3$ своей ширины, а с противоположной — не выходил больше чем на $^1/_3$ ширины.

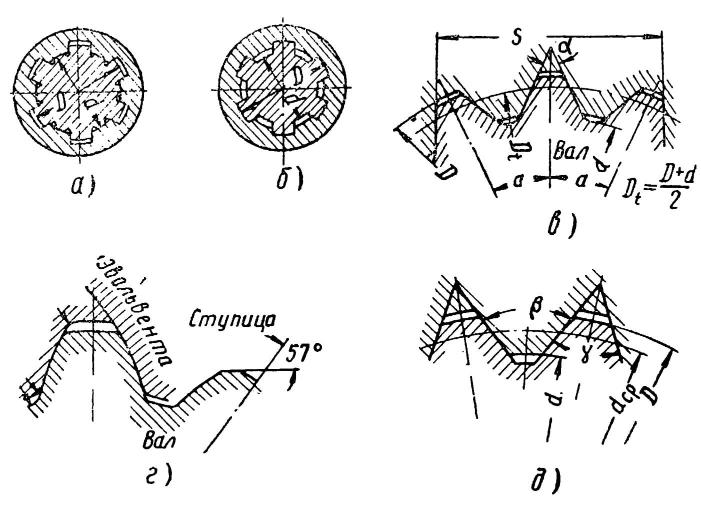
§ 5. ШЛИФОВАНИЕ ШЛИЦЕВ

Разновидности шлицевых соединений. Широкое применение в различных машинах получили многошпоночные валы, у которых шпонки выполняются за одно целое с валом. В этом случае шпонки называют шлицами, а валы — шлицевыми валами. В отверстии детали, которая устанавливается на этот вал, должно быть подготовлено соответствующее количество шлицевых канавок. Шлицевое соединение вала с деталью применяется главным образом тогда, когда сидящие на нем детали должны перемещаться по валу. Шлицевые соединения также применяют и для посадки сменных зубчатых колес, и для деталей, передающих большие усилия. Шлицевые соединения имеют число шлицев, равное 4, 6, 8, 10 и более. В станкостроении широко распространены шлицевые соединения с четырьмя и шестью шлицами.

Встречается несколько разновидностей шлицевых соединений с различной формой шлицев: прямобочные (фиг. 127, *а* и *б*), трапецоидальные (фиг. 127, *в*), эвольвентные (фиг. 127, *г*) и треугольные (фиг. 127, *д*). В первом случае (фиг. 127, *а*) центрирование производится по внутреннему диаметру шлицевого валика; во втором случае (фиг. 127, *б*) — по его наружному диаметру. Прямобочное шлицевое соединение наиболее распространено. Трапецоидальное и треугольное соединения применяются редко, так как предпочтение отдается эвольвентной форме шлица с углом зацепления 30°. Центрирование трапецоидальных, треугольных и эвольвентных шлицевых соединений производится по боковым сторонам шлицев. Нарезание шлицев производят на зубофрезерных станках, чаще всего горизонтального типа, за один проход червячными фрезами по методу обкатки (фиг. 128).

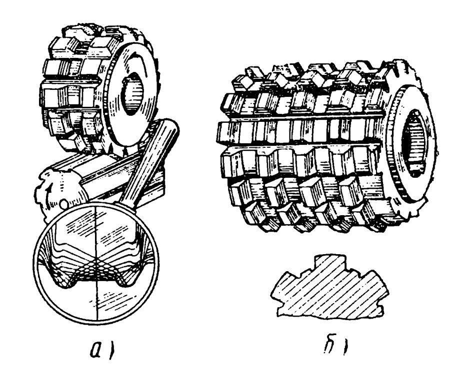
Шлифование шлицевых валов. По наружному диаметру эти валы шлифуются на обычных круглошлифовальных станках. Для полу-

чения высокой точности по ширине шлицев, а также по внутреннему диаметру валов прибегают к их шлифованию на специальных шлицешлифовальных станках. Наиболее производительным методом



Фиг. 127. Виды шлицевых соединений.

шлицешлифования является шлифование фасонным кругом (фиг. 129, *а*), профилированным с помощью особого приспособления, имеющегося на станке. Другой метод шлифования состоит в том, что обработка шлицев ведется в две операции (фиг. 129, *б* и *в*). Шлифование валика также производится на специальном станке. После каждого хода стола шлифуемый валик повертывается на следующий шлиц и поэтому все шлицы шлифуются одновременно. Если бы шлифование велось до окончательной обработки каждого шлица без поворота валика, то износ круга сказался бы в резкой форме на точности выполнения работы. Окончив первую операцию (по фиг. 129, *б*) станок перестраивают на следующую. При таком раздельном шлифовании поверхностей, образующих профиль шлицевого валика, его приходится дважды устанавливать на станок или обрабатывать на двух станках, что ведет к уменьшению точности и снижению производительности.



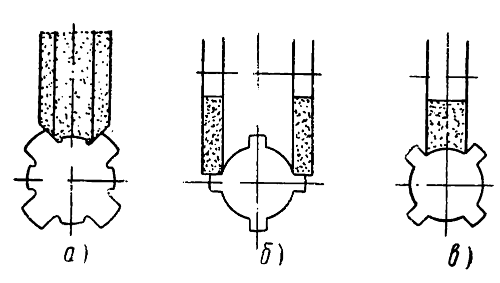
Фиг. 128. Нарезание шлицевого вала червячной фрезой:

а — схема нарезания; *б* — червячная шлицевая фреза.

Из всех известных способов шлифования шлицевых валиков наилучшие результаты как по точности, так и по производи-

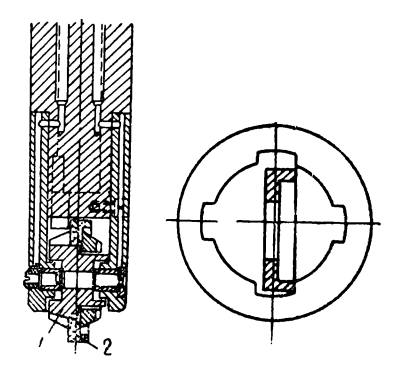
тельности дает шлифование профилированным кругом (фиг. 129, *а*).

При центрировании шлицевого соединения по наружному диаметру валик обязательно следует шлифовать по этому диаметру. Если же требуется более высокое качество соединения, то шлифуют и боковые стороны шлицев. Шлифование валика по внутреннему диаметру отпадает. Валики соединений, центрирующихся по внутреннему диаметру, должны шлифоваться как по боковым сторонам шлицев, так и по внутреннему диаметру валика. Также обязательно нужно выполнять шлифование отверстия в зубчатом колесе или какой-либо другой сопрягаемой детали.



Фиг. 129. Схемы шлифования шлицевых валиков.

Шлифование шлицев в отверстиях. Шлифование боковых поверхностей шлицев в отверстиях производится на специальных станках. На фиг. 130 показано выполнение этой операции. Втулка со шлицами устанавливается на столе станка, производящего автоматический поворот делительного приспособления после каждого продольного хода. Станок рассчитан на шлифование шлицевых втулок с четным числом шлицев. В отверстие втулки входит конец хобота станка, несущего шлифовальный круг и совершающего возвратно-поступательные движения. По внутреннему каналу хобота подается насосом жидкость под давлением в 14 *ат*, которая приводит во вращение небольшое турбинное колесо *1* с угловой скоростью 22 000 об/мин. На оси турбинного колеса находится шлифовальный круг *2*.

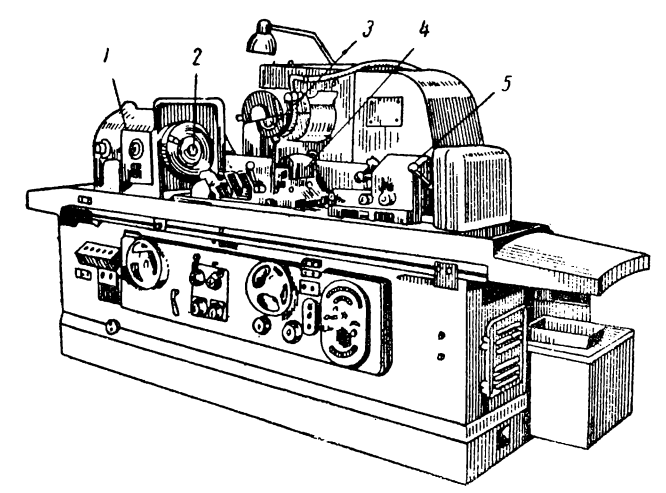


Фиг. 130. Шлифование шлицевых отверстий и устройство привода шлифовального круга.

Недостаток этого станка состоит в его малой производительности.

Станки для шлифования шлицевых валиков. Для шлифования валиков фасонным кругом можно использовать шлицешлифовальный станок любой конструкции. Такой станок должен допускать установку на нем специального приспособления для правки шлифовального круга по профилю. Вполне отвечает этим требованиям шлицешлифовальный полуавтомат 345 Московского завода шлифовальных станков (фиг. 131). Он имеет расстояние между центрами 750 *мм* и предназначен для шлифования валиков диаметром до 150 *мм* и длиной до 500 *мм*. Станок состоит из станины, подвижного стола, делительного механизма, находящегося в передней бабке *1*, и приспособления для

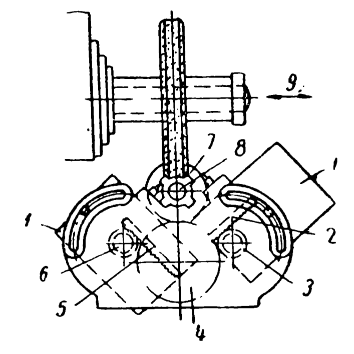
профилирования круга тремя алмазами. На его столе установлены: передняя бабка *1*, задняя бабка *4* и профилировочное приспособление *5*. Автоматический поворот шпинделя *2* передней бабки производится при каждом двойном ходе стола после выхода детали из соприкосновения с кругом. Нужное изменение угла поворота детали



Фиг. 131. Станок для шлифования шлицев.

производится сменой делительного диска в механизме передней бабки. Бабка шлифовального круга вращает шпиндель с кругом *3*.

Настройка станка осуществляется следующим образом. Деталь устанавливается в упорных центрах передней и задней бабок. Затем устанавливают профиль шлицевой канавки против профиля шлифовального круга и закрепляют хомутиком. Более точная настройка расположения шлицевой канавки относительно профиля круга производится винтами поводка передней бабки. Припуск на шлифование обычно бывает равен от 0,10 до 0,15 *мм* на сторону. Этот припуск разбивается между предварительным и окончательным шлифованием. На окончательное шлифование оставляется до 0,05 *мм*.

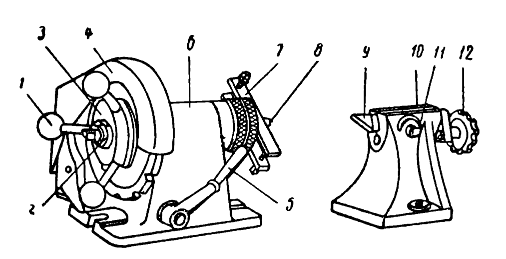


Фиг. 132. Приспособление для правки круга.

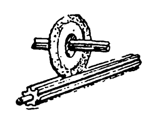
Приспособление для профилирования шлифовального круга (фиг. 132). Это приспособление имеет три алмаза. Два алмаза установлены на каретках *1*, а третий — на вращающейся оправке *8*. Каретки *1* можно повертывать на заданный угол профиля круга. Профилирование производится вручную возвратно-вращательными движениями рукоятки приспособления. На оси этой рукоятки насажено зубчатое колесо *4*, которое одновременно соеди-

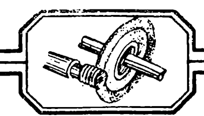
няется с зубчатыми колесами *3, 6* и *7*. При вращении зубчатых колес *3* и *6* находящиеся с ними в зацеплении рейки *2* и *5* совершают возвратно-поступательные перемещения и двигают каретки с алмазами. При вращении зубчатого колеса *7* вращается оправка *8*, несущая алмаз. Установка алмазов производится по специальному шаблону, который соответствует профилю канавки шлицевого вала. При повороте рукоятки приспособления против часовой стрелки правая каретка перемещается вверх, а левая вниз. Оправка с алмазом при этом будет вращаться по часовой стрелке. Если вращать рукоятку приспособления по часовой стрелке, все алмазы будут двигаться в обратном направлении. Центрирование положения шлифовального круга по отношению к оси валика осуществляется перемещением шпинделя по стрелке *9* вручную.

Делительное приспособление. На фиг. 133 показано простейшее делительное приспособление, назначение которого состоит в повороте закрепленного в нем шлицевого валика на нужный угол при шлифовании. В корпусе *6* этого приспособления вращается шпиндель с поводковым патроном *7*. В шпинделе находится центр *8*. На другом конце шпинделя сидит делительный диск *3*, имеющий двенадцать прорезей и позволяющий производить деление окружности по 2, 3, 4, 6 и 12 частей. Гайкой *2* устраняется зазор в подшипниках шпинделя. Поворот шпинделя производится рукояткой *1* вручную и фиксируется диском *3*. Этот диск устанавливается в нужном положении стопорным рычагом *5*, имеющим на своем левом конце выступ, плотно входящий в прорези диска *3*. Кожух *4* служит для защиты приспособления от грязи и стружки. Задняя бабка *10* поддерживает другой конец обрабатываемого валика. В задней бабке имеется центр *9*, который может перемещаться в продольном направлении маховичком *12* и закрепляться в нужном положении винтом *11*.



Фиг. 133. Горизонтальное делительное приспособление.



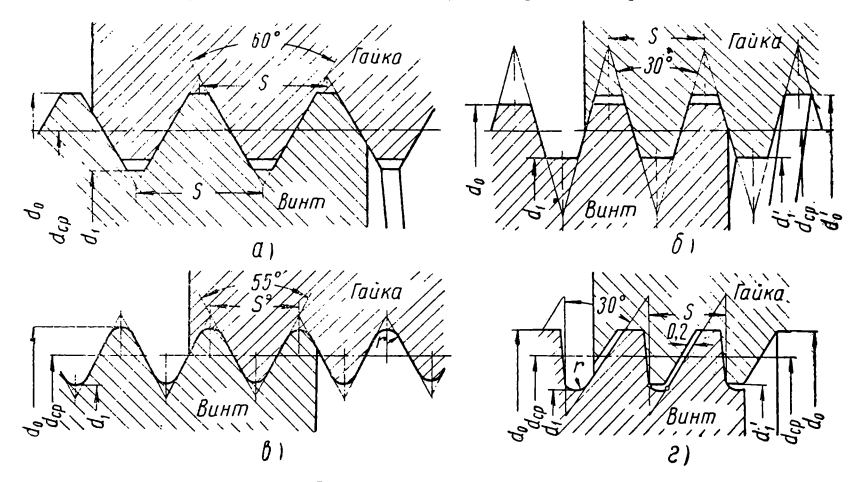


ГЛАВА XII

ШЛИФОВАНИЕ РЕЗЬБЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На фиг. 134 показаны виды резьбы, наиболее распространенные в машиностроении. Шлифование подобной резьбы — операция трудоемкая и сложная. Не случайно поэтому резьбошлифовщики считаются рабочими высокой квалификации. Шлифование резьбы применяется в тех случаях, когда очень трудно изготовить ее другими способами. К таким случаям относятся: а) получение резьбы наивысшей



Фиг. 134. Виды резьбы:

а — треугольная; *б* — трапецоидальная; *в* — треугольная с закруглением на вершинах; *г* — упорная.

точности (винты измерительных приборов и ходовые винты для точных расчетных перемещений в металлорежущих станках); б) окончательная обработка резьбы режущих инструментов (метчики и червячные фрезы); в) изготовление ответственной крепежной резьбы деталей машин.

В современном машиностроении к точности и степени чистоты поверхностей шлифованной резьбы предъявляются весьма высокие требования. Так, например, степень чистоты поверхности резьбы шлифованных метчиков должна быть не ниже 8 класса.

Самая точная резьба выполняется с допусками по шагу:

0,0025 *мм* на 25 *мм* длины резьбы;

0,0040 *мм* на 100 *мм* длины резьбы;

0,0075 *мм* на 300 *мм* длины резьбы;

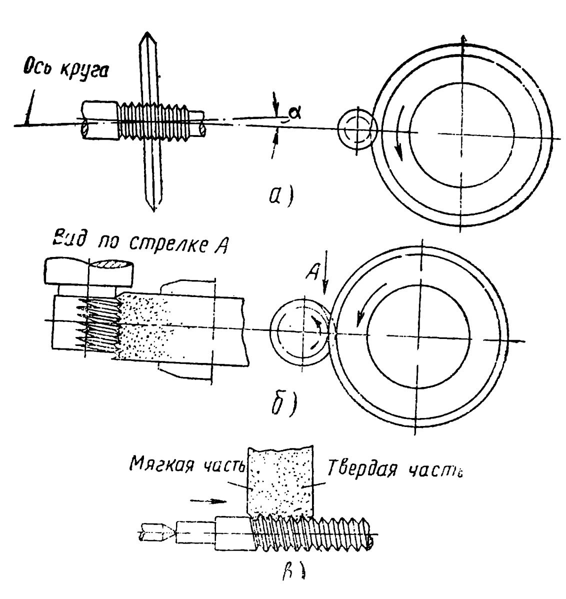
Допуски по среднему диаметру ± 0,0025 *мм* и на половину угла профиля ± 2′30″.

С такой степенью точности шлифуются резьбовые калибры высокой точности и ходовые винты измерительных приборов.

Методы шлифования резьбы. Шлифование резьбы производится однониточными или многониточными шлифовальными кругами.

На фиг. 135, *а* показана схема шлифования резьбы однониточным шлифовальным кругом. Деталь и круг совершают вращательные движения и одновременно происходит их относительное продольное перемещение в направлении оси резьбы на величину одного шага резьбы при одном обороте детали.

На фиг. 135, *б* и *в* показаны схемы шлифования резьбы многониточными шлифовальными кругами с кольцевым расположением ниток. Высота таких кругов равна 25—80 *мм*. При шлифовании короткой резьбы (фиг. 135, *б*) шлифовальному кругу сообщается вначале поперечная подача на высоту профиля резьбы при очень медленной подаче детали. Затем по достижении полной высоты профиля резьбы деталь перемещается на один шаг резьбы, делая при этом один оборот. Таким образом, за $1^1/_3$—$1^1/_2$ оборота детали заканчивается ее шлифование.



Фиг. 135. Способы шлифования резьбы:

а — однониточным кругом; *б* — многониточным кругом по методу врезания; *в* — многониточным кругом глубинным методом.

При шлифовании длинной резьбы (фиг. 135, *в*) процесс происходит так же, как и при рабсте однониточным шлифовальным кругом, т. е. с продольной подачей.

Шлифование резьбы однониточным шлифовальным кругом точнее, чем многониточное шлифование, и поэтому такой способ применяется для получения точной, но сравнительно короткой резьбы. Шлифование резьбы однониточным шлифовальным кругом может быть произведено при высокой скорости резания и большом числе

проходов или при сравнительно небольшой скорости детали, но при резком увеличении глубины шлифования за счет уменьшения числа проходов. Практика показывает, что второй режим шлифования более производителен.

Профилирование однониточного круга проще, но работа им менее производительна. Высокая производительность многониточных шлифовальных кругов позволяет производить ими шлифование резьбы в сплошном закаленном материале без предварительного нарезания ее на других станках.

Многониточные круги при шлифовании резьбы на проход снабжаются заборным конусом и в этом случае первые его нитки выполняют предварительные, а последние — зачистные проходы. Иногда применяют для той же цели составные шлифовальные круги, составленные из отдельных, более узких кругов разной твердости: более твердых для прорезки и менее твердых для калибровки профиля резьбы. Довольно часто предварительное шлифование производят многониточным кругом, после чего окончательное шлифование ведут однониточным.

Таблица 17

Выбор характеристики шлифовального круга для резьбошлифования

Шаг шлифуемой резьбы в *мм*	Предварительное шлифование	Окончательное шлифование
2	220 СМ1	240 СМ2
3	180 СМ1	220 СМ1
4	180 СМ1	220 СМ1
5	150 СМ1	180 СМ1
6	120 СМ1	150 СМ1
8—24	120 СМ1	120 СМ1
Абразивный материал	ЭБ	КЗ и ЭБ
Род связки	керамическая	керамическая

Кроме указанных методов, имеется еще один — это бесцентровое шлифование резьбы, выполняемое на бесцентровом круглошлифовальном станке с помощью специальных приспособлений.

Правильный выбор характеристики шлифовального круга непосредственно сказывается на точности резьбы и качестве ее обработанной поверхности. Правильно подобранный шлифовальный круг должен длительно сохранять свой профиль и обеспечивать получение необходимой степени чистоты поверхности. При шлифовании резьбы твердость круга должна быть выше, чем для обычных шлифовальных работ, чтобы он более длительное время сохранял свой профиль. Для получения высокой степени чистоты поверхности круг должен быть мелкозернистым. В зависимости от шага резьбы детали и технологии шлифования круги могут быть выбраны по табл. 17.

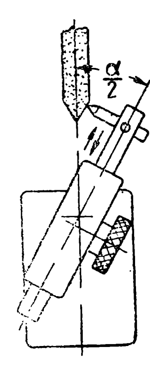
Указанные здесь рекомендации по выбору шлифовального круга относятся к шлифованию наружной резьбы ходовых винтов и взяты из материалов ВНИИАШ (Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования). Для шлифования внутренней резьбы круги выбираются мягче на 1—2 степени твердости. Внутренняя резьба с диаметром 27 *мм* и выше шлифуется. Процесс внутреннего шлифования резьбы производится с помощью однониточного шлифовального круга, диаметр которого выбирается в пределах от

0,5 до 0,7 диаметра резьбы. Шпиндельная головка резьбошлифовального станка устанавливается под углом по отношению к детали в зависимости от угла подъема резьбы.

Наружное шлифование резьбы однониточными кругами производится стандартными кругами формы ПП диаметром от 250 до 500 *мм* и высотой 6—8 *мм*. Для многониточного резьбошлифования применяются круги формы ПП диаметром от 350 до 450 и высотой от 20 до 75 *мм*. При внутреннем резьбошлифовании используются круги диаметром от 100 до 150 *мм* и высотой 6—8 *мм*.

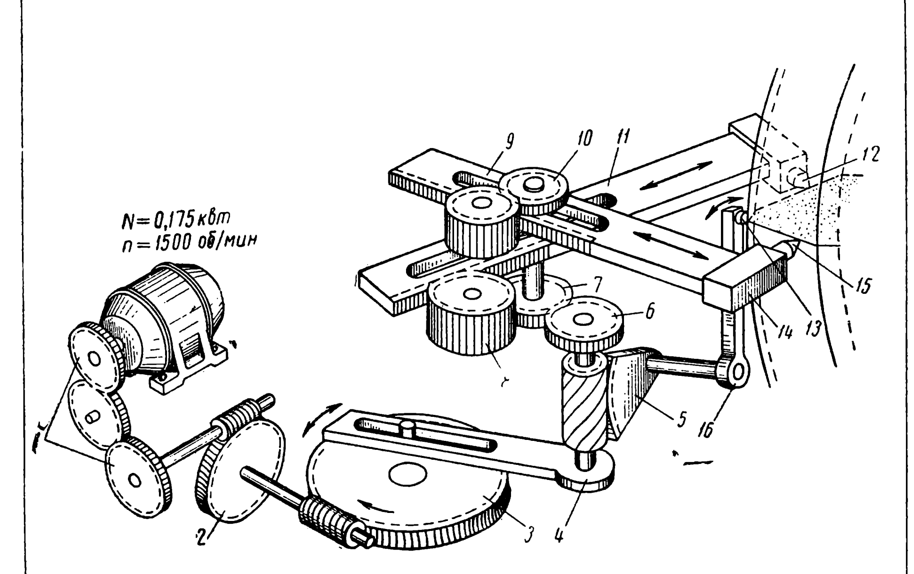
Правка шлифовальных кругов. Для получения точного профиля резьбы шлифовальный круг необходимо периодически править, применяя простые или универсальные профилировочные приспособления. Правкой достигается восстановление профиля и режущих свойств шлифовального круга. Однониточные резьбошлифовальные круги, как правило, правят алмазами или специальными шлифовальными кругами.

На фиг. 136 показана схема простого приспособления применительно для названной выше цели. Вращающийся шлифовальный круг правится под углом 60° при помощи оправки с алмазом, которая перемещается под углом 30° по отношению к торцовой стороне круга. Сначала правится одна сторона профиля, а затем другая. Правильность профиля контролируется микроскопом, установленным на резьбошлифовальном станке. Подача алмаза должна быть равномерной и медленной, иначе профиль круга может быть заправлен уступами, что отразится на чистоте обработанной поверхности. Фиг. 137 показывает схему универсального приспособления для правки однониточного круга. Правка круга производится тремя алмазами: два алмаза правят боковые стороны, а третий — вершину профиля. Поэтому два первых алмаза совершают возвратно-поступательные движения, а третий алмаз — вращательное. От электродвигателя через зубчатые передачи *1*, червячные передачи *2* и *3* и при помощи эксцентрично расположенного пальца и червячного колеса приводится в качательное движение кулиса *4*. На одном валу с кулисой установлен зубчатый сектор *5*, передающий через зубчатые колеса *6, 7, 8, 9* и *10* возвратно-поступательное движение ползунам-рейкам *11* и *14*, в которых закреплены алмазы *12* и *15*. За один оборот червячного колеса ползуны с алмазами совершают один двойной ход. Эти ползуны могут быть установлены для профилирования круга под углами 60, 55, 40 и 30°.

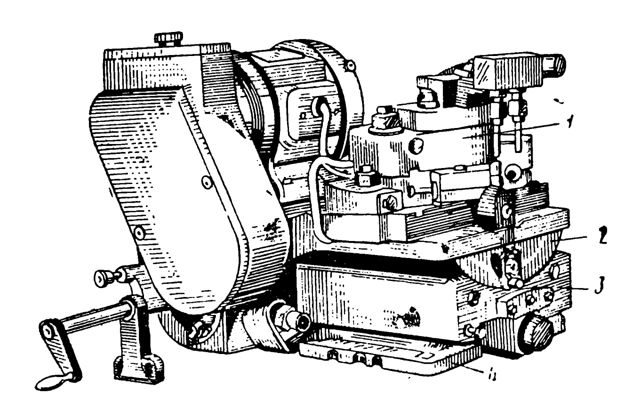


Фиг 136. Схема простейшего приспособления для правки резьбошлифовального круга.

На валу зубчатого колеса *6* имеется винтовое колесо, которое находится в зацеплении с зубчатым сектором *5*. На валу сектора укреплен рычаг *16* с алмазодержателем *13*. После того как все алмазы совершат один двойной ход, электродвигатель приспособления автоматически выключится.



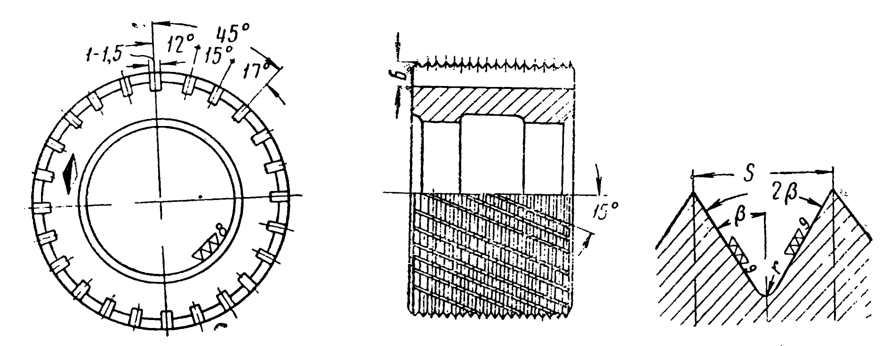
Фиг. 137. Кинематическая схема приспособления для правки шлифовального круга.



Фиг. 138. Внешний вид приспособления для правки шлифовального круга.

На фиг. 138 показан внешний вид этого приспособления. Оно состоит из следующих узлов: головки *1*, люльки *2*, каретки *3* и основной плиты *4*. Желательно, чтобы при правке в этом приспособлении шлифовальный круг вращался с числом оборотов в два раза меньшим, чем при шлифовании.

Правка многониточных шлифовальных кругов осуществляется стальными закаленными профилировочными роликами (фиг. 139), на поверхности которых нарезана кольцевая резьба с шагом и профилем шлифуемой резьбы. Правка ими совершается путем постепен-

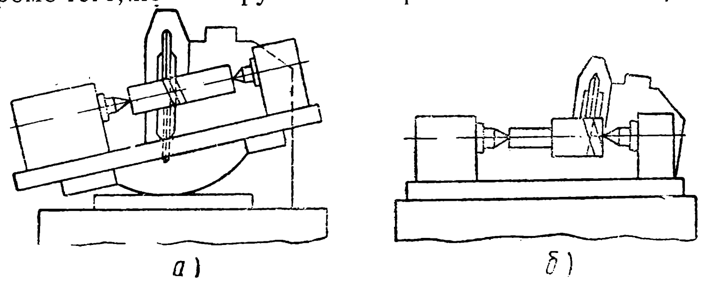


Фиг. 139. Профилировочный ролик для цилиндрической резьбы.

ного вдавливания ролика в медленно вращающийся круг (75 об/мин.). Понижение числа оборотов круга достигается включением в цепь главного движения червячной передачи от отдельного электродвигателя. Приспособление со стальным роликом устанавливается на корпусе бабки шлифовального круга и перемещается вручную или гидравлически.

§ 2. ТИПЫ РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Резьбошлифовальные станки делятся на универсальные и простые. Кроме того, по конструктивным признакам их можно разделять

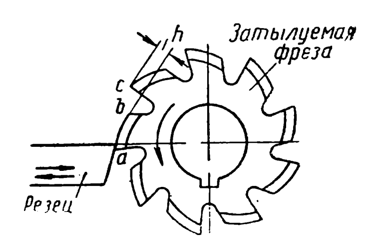


Фиг. 140. Установка на угол подъема винтовой линии.

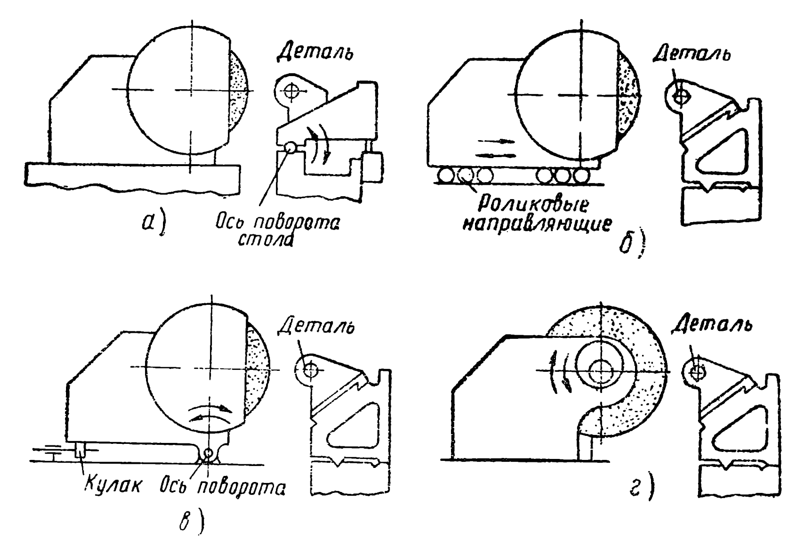
в зависимости: а) от способа установки на угол подъема винтовых линий; б) от способа создания движения затылования и в) от характера средств настройки на шаг шлифуемой резьбы.

Способы установки на угол подъема винтовой линии. Для совмещения винтовой линии резьбы с положением однониточного шлифовального круга можно повернуть на угол подъема резьбы или деталь, или шлифовальный круг. На фиг. 140, *а* показана установка, где поворот на угол подъема винтовой линии достигается поворотом стола с деталью, а на фиг. 140, *б* — поворотом оси шлифовального круга. Конструкции с поворотом стола позволяют шлифовать резьбу ограниченной длины.

Способы создания движения затылования. На фиг. 141 показана дисковая фреза, у которой задние поверхности зубьев *а* — *в* протачиваются резцом по архимедовой спирали, а после этого шлифуются абразивным кругом. Такие поверхности называются затылованными. Поэтому при их шлифовании необходимо, кроме вращательного движения детали, сообщить ей или шлифовальному кругу дополнительные движения. Эти движения должны быть так согласованы, что если деталь сделает один оборот вокруг своей оси, то шлифовальный круг должен соответствующее количеству его зубьев число раз приблизиться или удалиться от поверхности детали. Встречаются следующие способы создания таких согласованных движений:



Фиг. 141. Схема движения резца и заготовки при затыловании.



Фиг. 142. Схема движений шлифовального круга при затыловании.

а) качание стола вокруг оси, параллельной оси детали (фиг. 142, *а*);

б) возвратно-поступательное движение бабки шлифовального круга (фиг. 142, *б*);

в) качание бабки шлифовального круга вокруг оси, параллельной оси детали (фиг. 142, *в*);

г) поворот эксцентричной гильзы шлифовального шпинделя (фиг. 142, *г*).

Способы настройки на шаг резьбы. Для получения заданного шага резьбы стол с деталью перемещают в продольном направлении. Это можно получить следующими кинематическими звеньями: а) ходовым винтом и сменными зубчатыми колесами; б) сменными ходовыми винтами; в) сменными копирами без ходовых винтов; г) специальными линейками без применения ходовых винтов.

§ 3. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК ММ582

Этот станок изготовляется Московским заводом внутришлифовальных станков. Он предназначается для использования в инструментальных цехах машиностроительных заводов. На станке шлифуются резьбовые калибры, точные винты делительных и измерительных приборов, ходовые винты точных станков, метчики для цилиндрической и конической резьбы, резьбовые фрезы, червячные фрезы и другие однозаходные и многозаходные резьбовые поверхности.

Станок имеет следующую техническую характеристику:

Диаметр шлифуемой резьбы в *мм*:	
наименьший	5
наибольший	250
Наибольшее расстояние между центрами в *мм*	700
Наибольшая длина шлифуемой резьбы в *мм*	475
Шаг шлифуемой резьбы:	
метрической в *мм*	0,5—40
дюймовой — от 24 до 3 ниток на 1″ и модульный в *мм*	от 1π до 6π
Число оборотов заготовки (регулируется бесступенчато) в об/мин.	1—60
Число оборотов шлифовального круга (регулируется на 10 скоростей) в об/мин.	1350—2450
Диаметр шлифовального круга в *мм*	300— 400

На фиг. 143 показан внешний вид станка. Особенности его конструкции состоят в следующем:

а) поворот на угол подъема винтовой линии резьбы приводится за счет поворота бабки шлифовального круга;

б) затылованная поверхность на детали создается за счет качания бабки шлифовального круга;

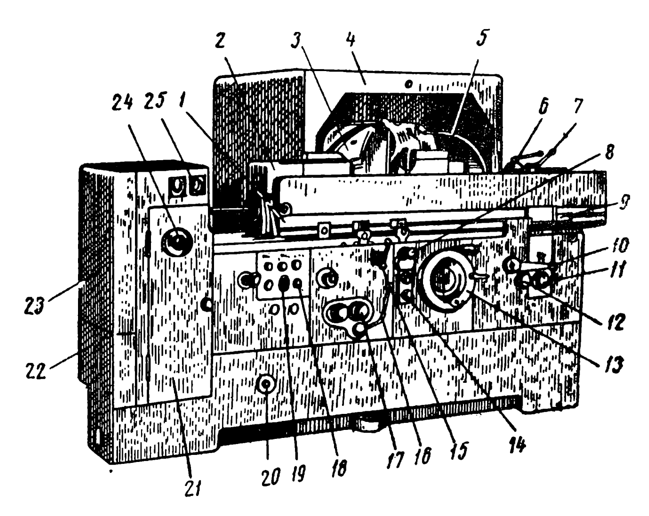
в) подача детали и поперечная подача производится гидравлически.

Рассмотрим более подробно конструкцию этого станка.

Главное движение. Шлифовальный круг *26* получает вращение от электродвигателя *22* постоянного тока через шкивы *23* и *29* клиноременной передачи (фиг. 144). Электродвигатель бабки шлифовального круга питается током от генератора постоянного тока мощ-

ностью 6,5 *квт*, приводимого в движение электродвигателем переменного тока.

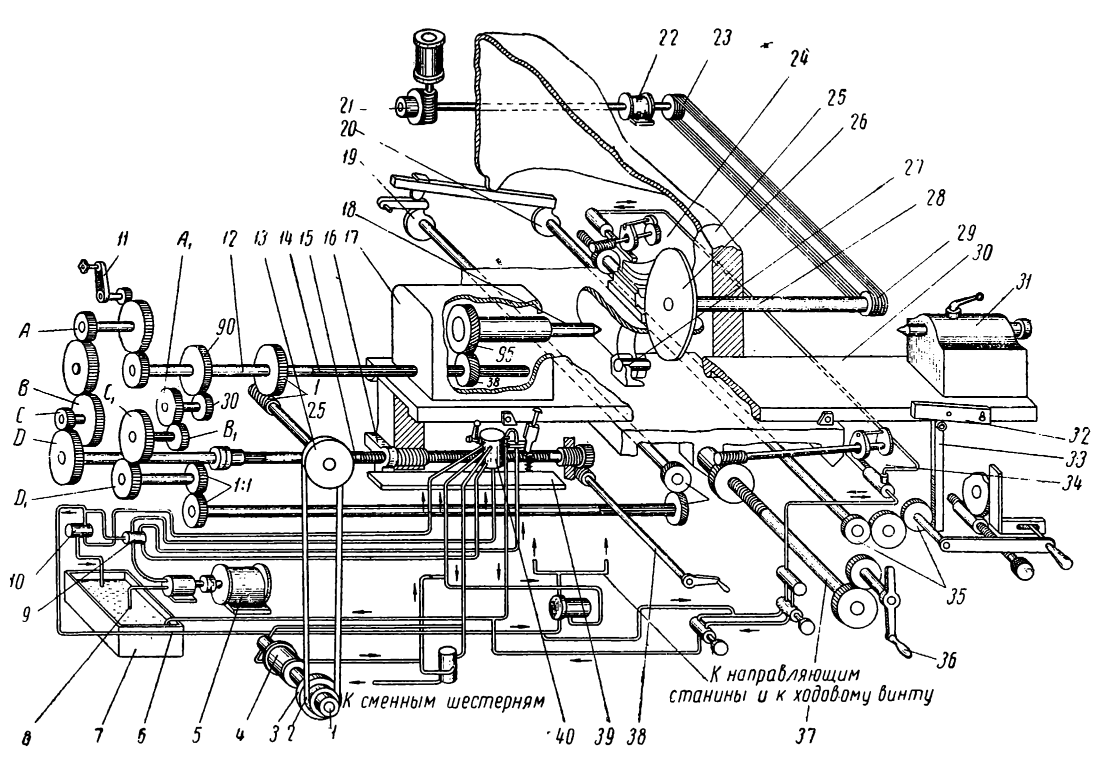
Вращение детали. От гидравлического двигателя *4* приводится во вращение трехступенчатый шкив *3*, сидящий на валу *1*, от которого ременной передачей *2* вращение передается шкиву *13*. Передаточные отношения ременной передачи составляют: $\frac{1}{2}$; 1 и 2. От этого шкива вращается червячная передача $\frac{1}{25}$ Далее через шлицевый валик *14* и зубчатую передачу $\frac{38}{95}$ приводится во вращение шпиндель *18* передней бабки *17*.



Фиг. 143. Резьбошлифовальный станок модели ММ582:

1 — стол; *2* — передняя бабка; *3* — шлифовальная бабка; *4* — кожух с отсасывающим вентилятором; *5* — кран системы охлаждения; *6* — задняя бабка; *7* — рукоятка отвода пиноли задней бабки; *8* — валик введения круга в нитку шлифуемой резьбы; *9* — поворотная линейка для конусного шлифования; *10* — рукоятка быстрого отвода круга от детали; *11* — лимб тонкой (микронной) подачи; *12* — головки включения автоматической поперечной подачи при конусном шлифовании; *13* — маховичок поперечной подачи шлифовальной бабки; *14* — кнопочное управление автоматическим правильным прибором; *15* — рукоятка реверсирования хода стола и шпинделя передней бабки; *16* — рукоятки переключения рабочего хода стола на ускоренный; *17* — лимб регулирования скоростей стола и шпинделя передней бабки; *18* — кнопочное управление электродвигателями; *19* — сигнальная лампа «станок под током»; *20* — указатель уровня масла в гидросистеме; *21* — крышка отделения клиноременной передачи от гидромотора на вал привода шпинделя передней бабки и стола; *22* — крышка отделения гидромотора; *23* — крышка отделения гитар сменных зубчатых колес; *24* — рукоятки ручного проворачивания шпинделя передней бабки и ручного перемещения стола; *25* — тахометр, показывающий число оборотов шпинделя передней бабки.

Продольное перемещение стола. Продольное перемещение стола *30* осуществляется ходовым винтом *15*, связанным зубчатыми колесами со шпинделем передней бабки. Поэтому, когда шпиндель сде-



Фиг. 144. Схема универсального резьбошлифовального станка ММ-582.

лает один оборот, стол должен переместиться на величину шага шлифуемой резьбы с помощью сменных зубчатых колес:

$$1 \text{ об. дет.} \cdot \frac{95}{38} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot t_{x.\,в} = t_{ш.\,р}$$

или

$$1 \text{ об. дет.} \cdot \frac{95}{38} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot 6 = t_{ш.\,р},$$

где A, B, C и D — сменные зубчатые колеса резьбовой гитары;
$t_{x.\,в}$ — шаг ходового винта, равный 6 *мм;*
$t_{ш.\,р}$ — шаг шлифуемой резьбы в *мм.*

Решая это уравнение, имеем:

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{t_{ш.\,р}}{15}.$$

В том случае, когда шлифуют дюймовую резьбу, необходимо заменить величину $t_{ш.\,р}$ отношением $\frac{25,4}{n}$, где n — число ниток на длине 1″ шлифуемой резьбы. Подставляя это отношение в формулу, имеем:

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{t_{ш.\,р}}{15} = \frac{25,4}{15n} = \frac{43}{127} \cdot \frac{5}{n}.$$

Рукоятка *11* служит для периодического вращения ходового винта.

Необходимость в этом возникает, например, при шлифовании резьбовых фрез: в этом случае шпиндель передней бабки должен вращаться, а стол периодически перемещаться на шаг канавок. Эта рукоятка необходима и в тех случаях, когда совмещается шлифовальный круг с ранее нарезанной резьбой при неподвижной детали.

Коррекционная линейка. Для получения резьбы наивысшей точности станок снабжен коррекционной линейкой следующего устройства. Гайка ходового винта *16* имеет два вида резьбы: внутренняя резьба соединяется с ходовым винтом, а наружная — ввернута в корпус кронштейна, прикрепленного к столу. Фланец этой гайки имеет два отростка. Пружина давит на один из отростков, заставляя тем самым другой отросток постоянно прижиматься к рабочему профилю коррекционной линейки, устанавливаемой под углом к направлению движения стола. В результате этого при перемещении стола гайка, скользя по линейке, будет повертываться. Этот поворот сообщит столу, кроме основного перемещения от ходового винта, дополнительное движение. В зависимости от наклона рабочего профиля коррекционной линейки шаг шлифуемой резьбы может уменьшаться или увеличиваться в пределах от 0,25%.

Затыловочные движения шлифовальной бабки. При шлифовании задней поверхности инструмента шлифовальный круг *26* периодически приближается и удаляется от поверхности детали. Это достигается качанием бабки шлифовального круга вокруг осей *27* с помощью

кулачка, который воздействует через рычажную систему на корпус бабки. Необходимая величина хода бабки достигается изменением плеча рычага, на который действует кулачок. Станок снабжен двумя кулачками *19* и *20*. Один из них обеспечивает падение задней поверхности от 0,02 до 0,2 *мм* и другой — падение, доходящее до 3 *мм*. Форма рабочей кривой кулачка соответствует кривой задней поверхности. Быстрый отвод шлифовального круга от обрабатываемой поверхности происходит за счет прохождения кругом той части кривой кулачка, которая относится к канавке. Качание шлифовального круга и вращение кулачка связываются кинематической цепью так, что когда шлифуемая деталь сделает один оборот, то шлифовальный круг должен сделать z качаний или кулачок должен сделать z оборотов, где z — число зубьев затылуемой детали.

Расчетное уравнение этой цепи следующее:

$$1 \text{ об. детали } \frac{95}{38} \cdot \frac{90}{30} \cdot \frac{A_1}{B_1} \cdot \frac{C_1}{D_1} \cdot 1 \quad 1 = z \cdot$$

Отсюда передаточное отношение сменных колес гитары затылования, в случае наличия на детали прямых канавок, будет равно:

$$\frac{A_1}{B_1} \cdot \frac{C_1}{D_1} = \frac{z}{7{,}5}.$$

При шлифовании деталей с винтовыми канавками эта формула примет следующий вид:

$$\frac{A_1}{B_1} \cdot \frac{C_1}{D_l} = \frac{-}{7{,}5 \cos \alpha},$$

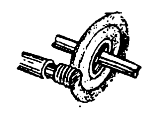
где α — угол подъема винтовой линии канавки.

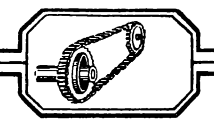
Шлифование конической резьбы. На станке можно шлифовать и коническую резьбу, пользуясь принципом сложения двух движений: продольной подачи стола и автоматической поперечной подачи шлифовального круга. Для этой цели к Т-образным пазам стола прикрепляется линейка *32*, которая может устанавливаться под различными углами, обеспечивая конусность от $^1/_{60}$ до $^1/_{16}$. При движении стола *30* линейка *32* через ролик давит на рейку *33* и через зубчатые колеса *35* сообщает весьма медленное вращение ходовому винту *37* поперечной подачи шлифовального круга.

Механизм замедления числа оборотов шлифовального круга. При правке многониточного шлифовального круга скорость его снижается до 75 об/мин. специальным механизмом *21*. Он состоит из отдельного небольшого электродвигателя, червячной передачи и муфты обгона. Этот механизм работает только тогда, когда выключен главный электродвигатель. Прибор *24* для правки однониточного круга, рассмотренный на фиг. 138, устанавливается за шлифовальным кругом.

Гидравлическая система станка. Гидравлическая система станка показана на фиг. 144. Она служит: а) для осуществления вращения детали и поступательного перемещения стола от ходового винта;

б) ручного и автоматического включения обратного вращения шпинделя; в) для поперечной подачи профилировочного приспособления; г) вращения насоса для смазки направляющих и гайки ходового винта. Как же действует эта система? Электродвигатель *5* мощностью 2,7 *квт*, с числом оборотов 1000 об/мин. приводит во вращение насос *6*, который всасывает масло из резервуара *7* через всасывающий трубопровод *8*. Из этого насоса масло подается в клапан *9* высокого давления, а из него поступает в распределительную коробку *40*. Золотник управляется вручную или автоматически от упоров стола. Избыточное и отработанное масло через клапан *10* низкого давления поступает к механизмам подачи приспособления для правки круга, смазки направляющих и гайки винта и механизма компенсации износа круга.





ГЛАВА XIII

ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Шлифовальные станки на современных машиностроительных заводах составляют до 15% от общего количества металлорежущих станков. На автомобильных и моторных заводах их число достигает до 25%, а на предприятиях шарикоподшипниковой промышленности — до 60%. Увеличение количества шлифовальных станков и дальнейший их удельный рост в общем парке металлорежущего оборудования объясняется ростом требований к точности изготовляемых машин, снижением припусков на обработку их деталей, применением легированных и твердых материалов.

Шлифовальные станки с помощью различных устройств и приспособлений допускают автоматические загрузку, установку, зажим, а также измерение обрабатываемых деталей. Имеются шлифовальные станки с полным автоматизированным циклом обработки, автоматической подналадкой станка и правкой шлифовального круга. Это дает возможность включать шлифовальные станки в автоматические станочные линии. В последнее время в нашей промышленности создан ряд автоматических линий, в технологическом процессе которых обработка деталей шлифованием доходит до 70%.

Шлифовальные станки в зависимости от их назначения могут быть подразделены на:

1. Круглошлифовальные станки для наружного и внутреннего шлифования.
2. Плоскошлифовальные станки.
3. Станки для заточки режущего инструмента.
4. Станки для отделочных операций.
5. Специальные шлифовальные станки.

Нумерация станков. В учебниках, журнальных статьях и другой технической литературе встречаются условные обозначения станков — нумерация, состоящая из трех, четырех цифр. Иногда между первой и второй цифрами или в конце условного обозначения вставляется буква. Первая цифра слева в условном обозначении означает группу станка. Условились, что все токарные станки обозначаются цифрой 1, сверлильные и расточные станки — 2, шлифовальные и полировальные станки — цифрой 3, комбинированные (специаль-

ные) станки — 4, зубообрабатывающие и резьбонарезные — 5, фрезерные — 6, строгальные, долбежные и протяжные — 7, разрезные — 8 и все остальные, не относящиеся к вышеперечисленным станкам,— цифрой 9.

Согласно принятому условному обозначению номер любого шлифовального станка начинается с цифры 3. Вторая цифра означает тип станка. Круглошлифовальные станки имеют цифру 1, внутришлифовальные станки — 2, обдирочно-шлифовальные станки — 3, специализированные станки для шлифования валов — 4, заточные — 6 (цифра 5 не применяется), плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом — 7, притирочные и полировальные — 8 и разные станки, работающие с применением абразивного инструмента,— 9. Третья цифра, а для некоторых станков и четвертая условно определяет основные размеры станка. В тех случаях, когда необходимо указать, что рассматриваемая конструкция станка усовершенствована по сравнению с прежней моделью, в нумерацию условного обозначения вводится буква.

Шлифовальные станки состоят из целого ряда отдельных типовых по своему назначению механизмов. Для того чтобы разобраться в станке, необходимо изучить его отдельные механизмы. Одним из типовых механизмов являются приводы.

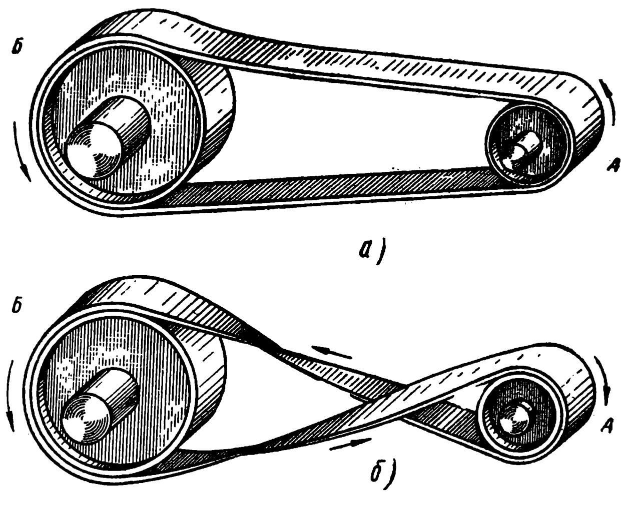
Приводы шлифовальных станков состоят из механических, гидравлических и электрических передач.

§ 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ В СТАНКАХ

К числу наиболее распространенных механических передач относятся ременная, зубчатая, червячная, реечная и винтовая передачи.

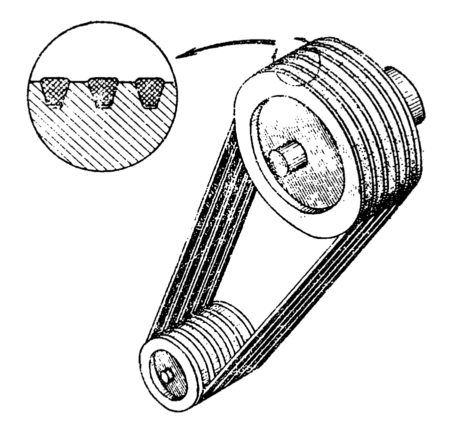
Ременная передача. На фиг. 145 показана передача, состоящая из двух шкивов *А* и *Б*, установленных на параллельно расположенных валах и соединенных между собой бесконечным бесшовным или сшивным плоским ремнем. Для плавности и эластичности передачи желательно применять бесшовные ремни. При вращении шкива *А* вследствие натяжения ремня и возникновения между шкивами и ремнем силы трения будет вращаться и шкив *Б*. Шкив *А* в этом случае будет называться ведущим, а шкив *Б*, как получающий вращение от шкива *А*,— ведомым. В данном случае оба шкива вращаются в одном направлении. Для вращения шкивов в разные стороны следует применить передачу с перекрестным ремнем, показанную на фиг. 145, *б*. Передача в этом случае в отличие от прямой (фиг. 145, *а*) называется перекрестной. Плоские ремни изготовляются из кожи, хлопчатобумажной пряжи и прорезиненной ткани. Наряду с плоскими ремнями широко применяются передачи с ремнями клиновидной формы, которые изготовляются из специальной прорезиненной ткани. На фиг. 146 показана передача с клиновидными ремнями. Эти ремни в сечении имеют трапецоидальный профиль и, как правило, применяются одновременно по нескольку штук в ряд на шкивах с канавками, имеющими также трапецоидальный профиль.

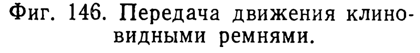
Ременная передача в шлифовальных станках используется, главным образом, для передачи движения от электродвигателя к шлифовальному кругу, как обеспечивающая плавное и спокойное вращение.

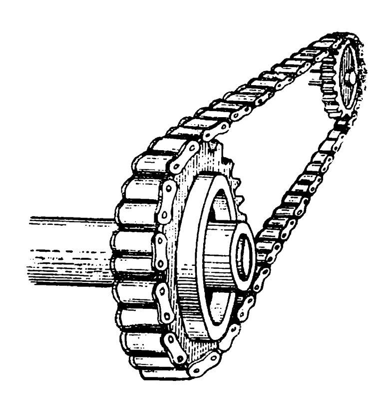


Фиг. 145. Ременная передача.
а — прямая; *б* — перекрестная.

Цепная передача. Широкое применение в станках имеют и цепные передачи (фиг. 147). В отличие от ременной передачи вместо ве-




Фиг. 146. Передача движения клиновидными ремнями.



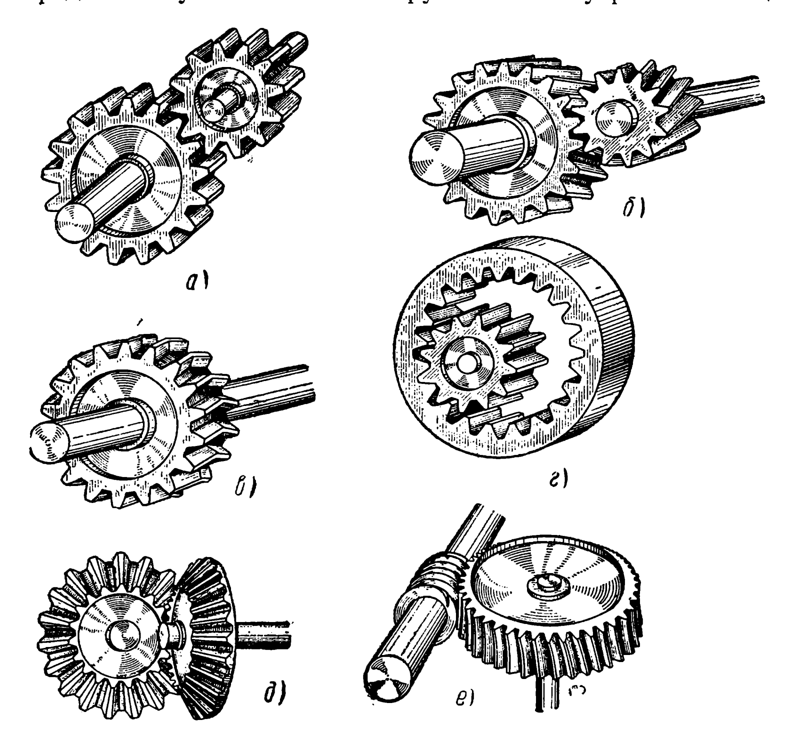
Фиг. 147. Цепная передача с роликовой цепью.

дущего и ведомого шкивов в цепной передаче применяются ведущие и ведомые звездочки, а вместо ремня — роликовая бесконечная цепь, охватывающая звездочки.

Вращение звездочек происходит также в одном направлении.

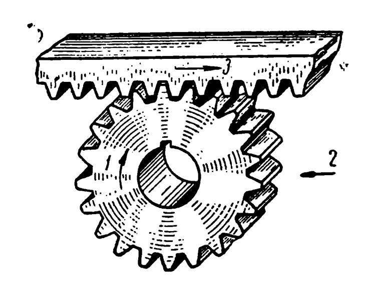
Зубчатая передача. Вращательное движение от одного вала к

другому передается получившим большое распространение передачами посредством зубчатых колес наружного и внутреннего зацепле-



Фиг. 148. Типы зубчатых колес.

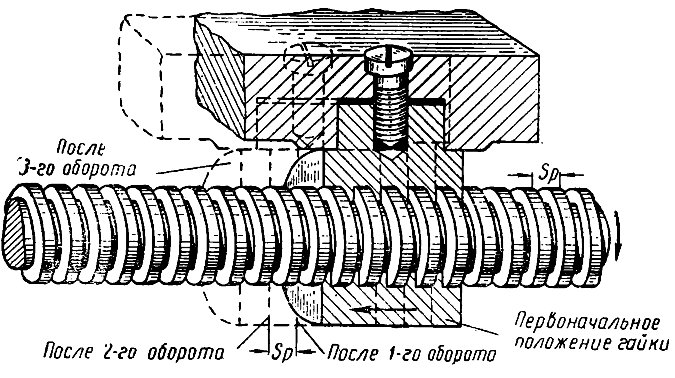
ния. Так, для передачи вращательного движения между параллельными валами применяют зубчатые колеса с прямыми зубьями (фиг. 148, *а*), винтовыми зубьями (фиг. 148, *б*), шевронными зубьями наружного зацепления (фиг. 148, *в*) и с прямыми зубьями внутреннего зацепления (фиг. 148, *г*). Для передачи движения между валами с пересекающимися осями вращения применяются прямозубые конические колеса (фиг. 148, *д*). Находят применение также и конические колеса с криволинейными зубьями. Для передачи движения между скрещивающимися валами применяют червячные передачи (фиг. 148, *е*). Червяк представляет собой винт с трапецоидальным профилем винтовой нитки. Как и винт, он может быть однозаходным и многозаходным. К зубчатым передачам, преобразующим вращательное движение в прямолинейное, относятся реечные передачи (фиг. 149). Если по неподвижной рейке катить зубчатое коле-



Фиг. 149. Реечная передача.

со в направлении часовой стрелки *1*, то ось колеса будет перемещаться справа налево (по стрелке *2*). Если зубчатое колесо не катить, а только вращать по часовой стрелке, то рейка будет перемещаться слева направо (по стрелке *3*).

Винтовая передача. Эта передача (фиг. 150), как и реечная, служит для преобразования вращательного движения в поступательное.



Фиг. 150. Винтовая передача.

Винту обычно сообщается вращательное движение, а гайка, навернутая на винт, удерживается от вращения стопорным винтом или другим креплением. Поэтому при вращении винта она движется только поступательно вдоль его оси.

§ 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ В СТАНКАХ

Трудно назвать современный шлифовальный станок, который бы не имел гидравлического привода. Гидравлический привод применяется как для главного движения и подач, так и для вспомогательных движений. Широкое применение этого привода в шлифовальных станках объясняется следующим.

1. С его помощью можно сравнительно легко получить необходимую величину скорости резания (или подачи) в широких пределах. При этом гидравлический привод допускает изменение величины скорости на ходу. Такое изменение скорости резания (или подачи) носит название бесступенчатого регулирования.

2. Достигаемый при его использовании спокойный ход станка способствует получению высокого качества обработанной поверхности и высокой точности ее геометрической формы.

3. Наличие в гидравлической системе станка специальных клапанов, позволяющих поддерживать в ней заданное давление, обеспечивает безопасность работы на станке при его перегрузке.

4. С помощью гидравлического привода сравнительно легко автоматизировать работу станка простыми средствами.

5. Самосмазываемость всех механизмов гидравлического привода и систематический обмен смазки (ввиду циркуляции масла) делает движущиеся детали узлов станка более долговечными.

Гидравлическая система металлорежущих станков состоит из следующих элементов:

а) насоса для подачи жидкости в систему;

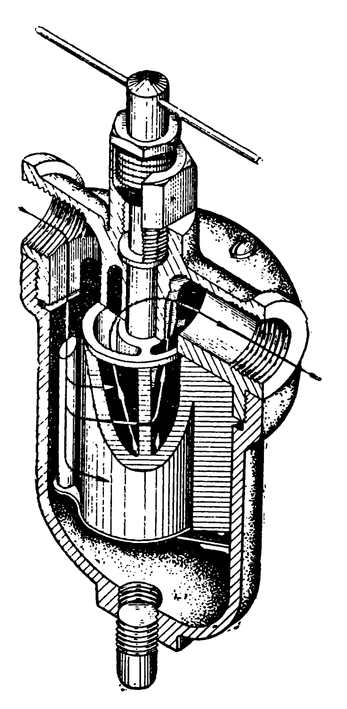
б) контрольно-регулирующих устройств для контроля давления и количества подаваемой жидкости в гидравлическую систему (клапанов, регуляторов скорости, дросселей);

в) распределительных устройств, управляющих работой гидравлической системы (золотников, пилотов);

г) механизмов перемещения рабочих органов станка (цилиндров или гидромоторов).

В качестве рабочей жидкости в гидравлических приводах получили применение минеральные масла различных марок. Лучшими маслами для гидравлических систем являются веретенное 3 и турбинное Л. Вязкость их находится в пределах от 2,8 до 3,2° по Энглеру при температуре 50°. Заменителем этих масел, дающим удовлетворительные результаты, может служить машинное Л.

Для очистки масла в системе применяются фильтры. Масло, поступающее в гидравлическую систему механизмов движения станка, фильтруется сетчатыми или проволочными фильтрами. Его очистка в системах смазки чаще всего производится пластинчатыми фильтрами (фиг. 151). Фильтры включаются в сеть гидропривода.

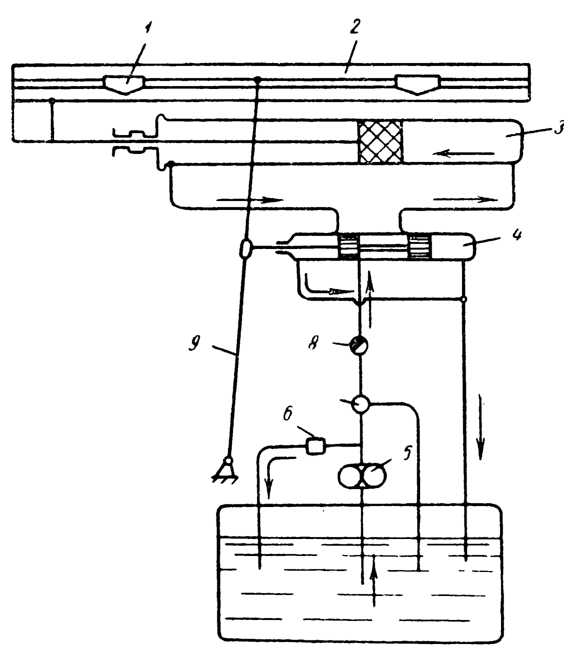


Фиг. 151. Пластинчатый фильтр.

Применение гидравлического привода в станках для получения вращательного движения пока ограничено вследствие того, что конструкции гидравлических приводов для этой цели получаются более сложными и дорогими по сравнению с механическими.

На фиг. 152 показана распространенная схема гидравлической системы шлифовального станка для возвратно-поступательных движений столов круглошлифовальных, внутришлифовальных, плоскошлифовальных и других станков. В гидравлической системе масло засасывается из бака через всасывающий трубопровод и насосом *5* подается в дроссель *8*. Дросселем регулируется количество проходящего через него масла, а следовательно, и скорость движения рабочего цилиндра. Отсюда масло поступает в правую полость рабочего цилиндра *3* через реверсивный золотник *4*. Одновременно с этим из левой полости рабочего цилиндра масло возвращается в бак, проходя через золотниковое устройство. При повышении давления в системе излишек масла выпускается в бак через предохранительный

клапан *6*. Изменение направления хода стола производится кулачками *1*, укрепленными на столе станка *2* и действующими при его движении на рычаг *9*. Этот рычаг перемещает шток золотникового устройства, регулирующего направление впуска масла в рабочий цилиндр. Посредством крана *7* производится пуск и остановка станка. Таким образом, насос подает масло под давлением по нагнетательному трубопроводу через систему контрольных и распределительных клапанов, золотникового устройства, кранов и трубопроводов в гидравлический мотор. Гидравлический мотор сообщает возвратно-поступательное либо вращательное движение рабочим органам станка.



Фиг. 152. Типичная схема гидросистемы с дроссельным регулированием.

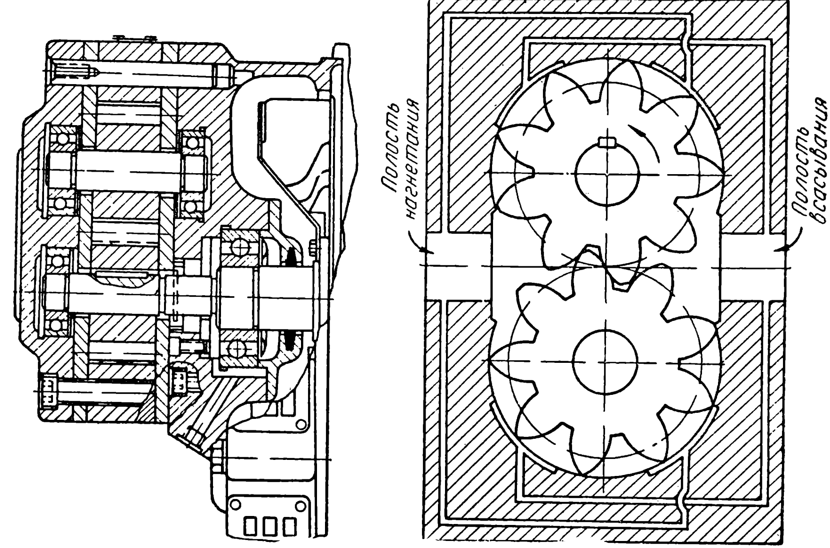
Более сложные гидравлические схемы работы шлифовальных станков, как, например, схемы, включающие подвод, отвод или подачу бабки шлифовального круга и осуществляющие управление вспомогательными механизмами и блокировкой станка, получаются путем добавления к этой распространенной схеме дополнительных гидравлических узлов.

Насосы. Скорость возвратно-поступательного движения в шлифовальных станках с гидравлическим приводом может изменяться двумя способами:

1. Путем изменения количества масла, проходящего через насос в единицу времени. В этом случае применяется насос переменной производительности. Под производительностью насоса следует понимать количество протекающего через него масла (в литрах) в течение единицы времени (минуты).

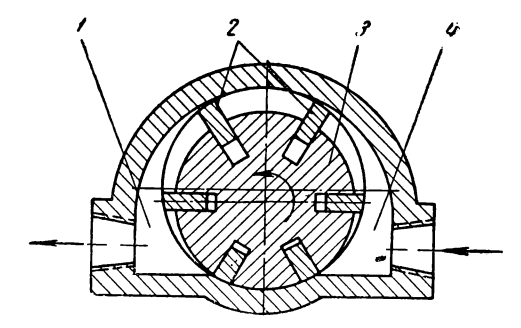
2. Путем изменения количества поступающего в цилиндр масла за счет специальных устройств (дросселей). Насос в этих случаях имеет постоянную производительность. Этот способ используется наиболее часто, так как в гидравлических системах шлифовальных станков применяются насосы постоянной производительности. Шестеренчатый насос постоянной производительности (фиг. 153) состоит из двух сцепляющихся прямозубых зубчатых колес, вращающихся в

корпусе насоса с весьма малым зазором. Одно зубчатое колесо закрепляется с помощью шпонки на приводном валу и приводит в движение другое зубчатое колесо. К ободу зубчатых колес в местах за-



Фиг. 153. Схема шестеренчатого насоса.

цепления подводится с одной стороны всасывающий, а с другой нагнетательный трубопровод. При вращении зубчатых колес масло выталкивается из впадин между зубьями, в результате чего в местах выхода зубьев из зацепления образуется разрежение (вакуум), засасывающее масло из бака. Иногда для увеличения плавности работы насоса и равномерной подачи масла применяют винтовые или шевронные зубчатые колеса. Нагнетательные и всасывающие трубы насосов с противоположных сторон соединены ответвлениями, вследствие чего давление в диаметрально противоположных впадинах зубьев колес выравнивается. Такой износ имеет так называемую разгруженную конструкцию.

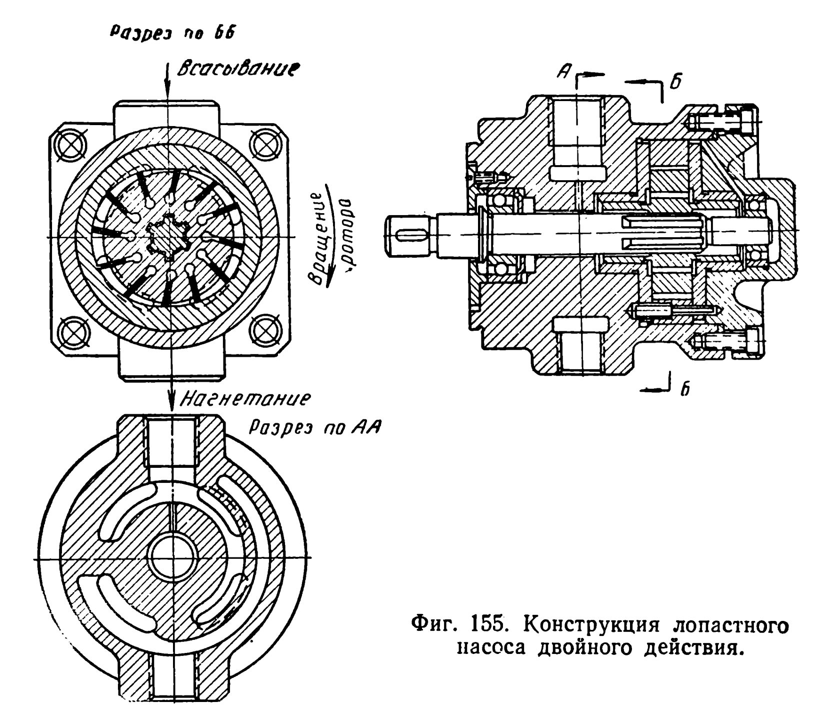


Фиг. 154. Схема работы лопастного насоса: 1 — выход масла; 2 — лопасти; 3 — ротор; 4 — вход масла.

В отечественном станкостроении применяют шестеренчатые насосы производительностью 5, 8, 12, 18, 25, 35, 50, 70 и 125 *л/мин*, давлением 10, 15 и 25 *кг/см²*, мощностью 1,2—7 *квт*.

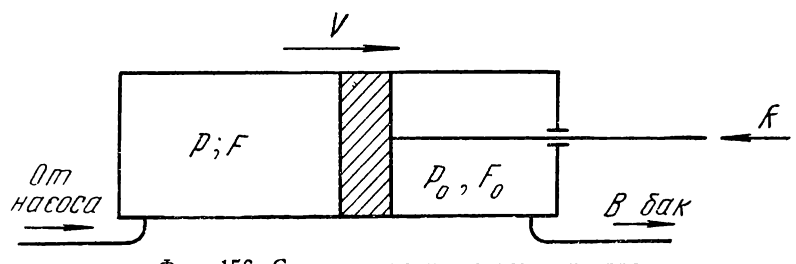
Схема действия лопастного насоса постоянной производительности показана на фиг. 154, а его конструкция — на фиг. 155. Диск ротора

насоса вращается в его статорном кольце, внутренняя поверхность которого имеет эллиптическую форму. Такая форма поверхности статора дает возможность его лопастям совершить 2 двойных хода за один оборот диска ротора. Лопасти, выдвигаясь из пазов ротора, об-



Фиг. 155. Конструкция лопастного насоса двойного действия.

разуют камеры, в которые засасывается масло из бака. При вдвижении лопастей размеры камеры уменьшаются и масло нагнетается в систему. В течение одного оборота ротора масло в систему подается дважды, обеспечивая этим высокую производительность насоса.



Фиг. 156. Схема гидравлического цилиндра.

Камеры нагнетания и всасывания расположены друг против друга, что позволяет уравновесить в насосе давление на ротор. Наше станкостроение применяет лопастные насосы производительностью 5—110 *л/мин*, давлением до 65 *кг/см*^{2} и мощностью 1—13 *квт*.

Контрольно-регулирующие устройства. Для контроля и регулирования количества и давления масла, подаваемого в цилиндр, применяются различные контрольно-регулирующие устройства. К числу их относятся предохранительные (редукционные) и переливные клапаны, дроссели, регуляторы скоростей и другие устройства. Чтобы разобраться в этих устройствах, рассмотрим силы, действующие на поршень. При установившемся рабочем ходе поршня можно написать (фиг. 156):

$$pF = p_0F_0 + R,$$

где p — давление масла в цилиндре со стороны входа в *кг/см*²;
F — площадь поршня с этой же стороны в *см*²;
p_0 — давление масла со стороны его выхода (противодавление) в *кг/см*²;
F_0 — площадь поршня с этой же стороны (за вычетом площади штока) в *см*²;
R — полезная нагрузка в *кг*.

Отсюда противодавление определится так:

$$p_0 = \frac{pF - R}{F_0}$$

При холостом ходе поршня полезная нагрузка отсутствует и поэтому противодавление в данном случае будет равно:

$$p_0' = \frac{pF}{F_0}$$

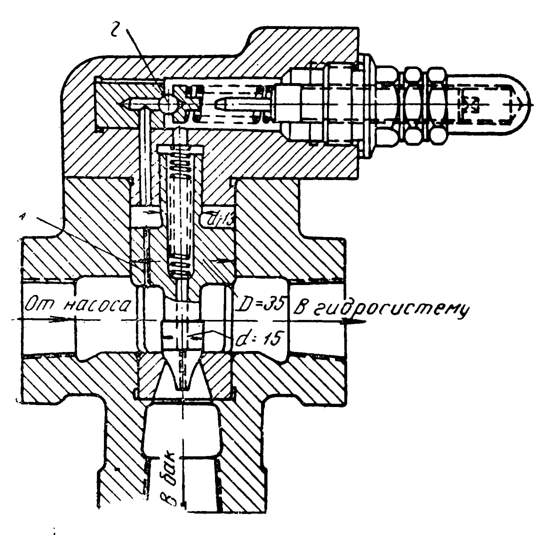
Следовательно, разница в противодавлениях при рабочем и холостом ходе составляет:

$$p_0' - p_0 = \frac{R}{F_0}.$$

Чтобы разность противодавлений не влияла на скорость движения поршня и гидравлическая система была защищена от перегрузки, необходимо давление масла в цилиндре ограничивать с помощью предохранительного клапана. На фиг. 157 показана наиболее совершенная конструкция такого клапана. При установившемся давлении в гидравлической системе конец клапана закрывает отверстие конического кольца; при увеличенном давлении масло, прошедшее от насоса через отверстие *1* в поршне клапана, откроет шариковый клапан *2* и вытечет в бак через центральное отверстие клапана, как показано стрелкой. При этом давление над поршнем клапана снизится за счет потери некоторой части давления при прохождении масла через отверстие малого диаметра *1*. В связи с этим клапан будет открыт. Этим обеспечивается слив масла через кольцевую щель клапана, образующуюся между его коническим кольцом и его конусом. Таким образом, повышенное давление посредством предохранительного клапана на выходе уменьшается до требуемого.

Дроссели. Противодавление в гидравлическом цилиндре, как правило, не может быть равным нулю. Поршень должен поддерживать-

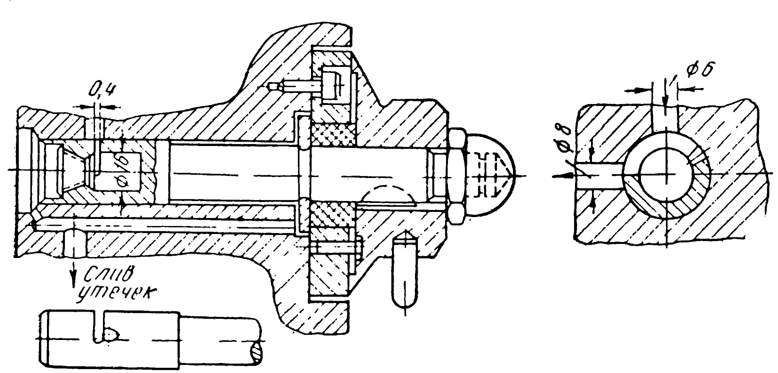
ся с обеих сторон маслом, чтобы в случае внезапного падения нагрузки не произошло рывка в его движении. Для создания такого противодавления применяется чаще всего дроссельный кран (фиг. 158), который устанавливается перед цилиндром, т. е. на нагнетательном трубопроводе, или за цилиндром на выходе.



Фиг. 157. Предохранительный клапан.

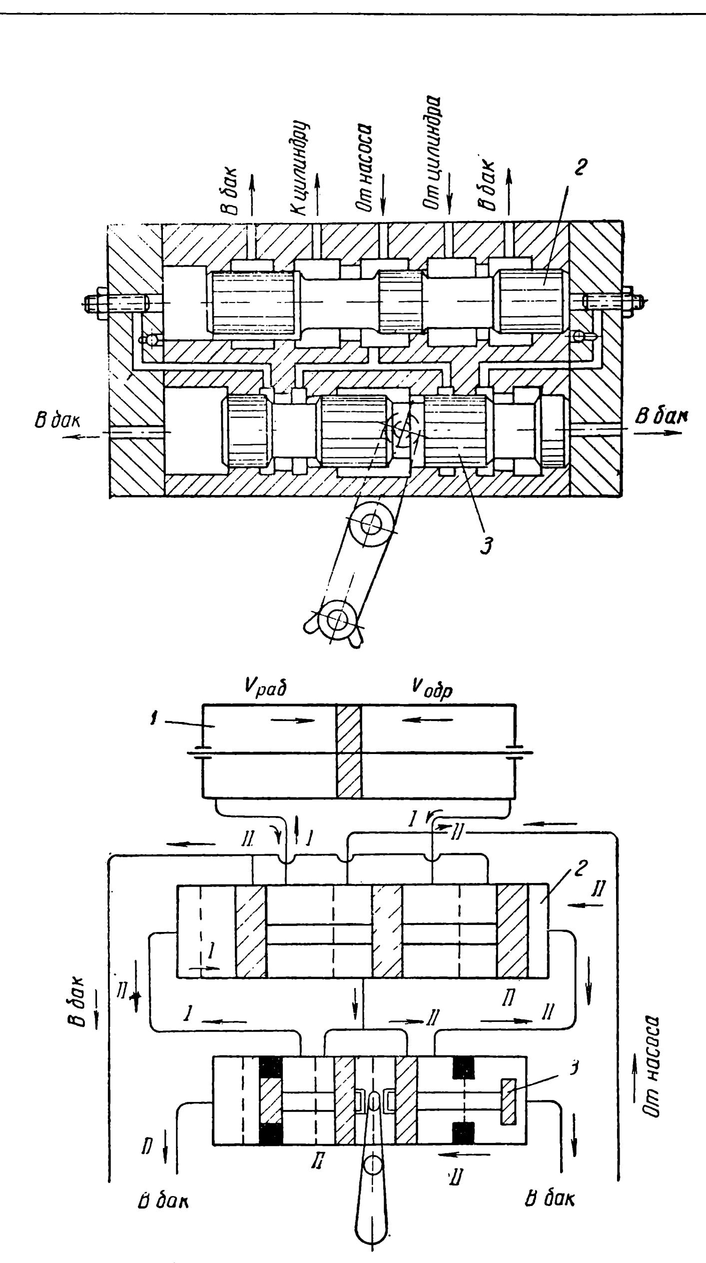
Путем регулирования количества масла, протекающего через дроссель, изменяется скорость движения поршня.

Золотники. Назначение золотниковых устройств состоит в том, чтобы распределять потоки масла в гидравлических системах по нужным трубопроводам. Такое распределение осуществляется с помощью плунжера — золотника, который перемещается в корпусе и соединяет или перекрывает в нужных комбинациях те каналы, по которым необходимо пропустить масло или соответственно преградить ему путь.



Фиг. 158. Дроссель поворотный (щелевого типа).

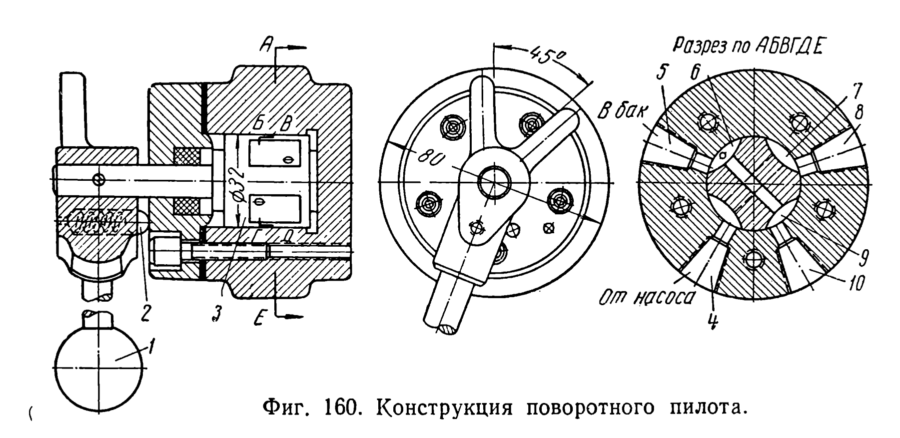
На фиг. 159 показан реверсивный золотник *2* с гидравлическим управлением от осевого пилота *3*. Во время рабочего хода станка пилот занимает правое положение и масло от насоса, проходя пилот, заставляет плунжер золотника переместиться вправо. При этом основной поток масла направляется в левую полость рабочего цилиндра *1*, а из правой полости цилиндра масло уходит в бак (см. по стрелкам и обозначениям *I* и *II*). Перемещая пилот влево, масло от насоса



Фиг. 159. Схема реверсивного золотника, управляемого пилотом.

будет направляться через пилот в правую полость золотника, вытесняя масло из левой его части в бак.

На фиг. 160 показана конструкция поворотного пилота, управляемого механически. Масло подводится в отверстие *4* и в зависимости от положения крана *3* направляется в одно из отверстий — *8* или *10*. В показанном на фиг. 160 положении крана отверстие *4* сообщается с камерой *11*, масло направляется через камеры *11* и *7* в отверстие *8* и далее в рабочую полость цилиндра. Выходя из рабочего цилиндра, масло поступает в отверстие *10* и направляется через камеры *9* и *6* и отверстие *5* на слив в бак.



Фиг. 160. Конструкция поворотного пилота.

Если кран *3* рукояткой *1* повернуть на 45°, то отверстие *4*, сообщаясь с камерой *11*, соединится с отверстием *10*, из которого через трубопровод масло поступит в цилиндр в обратном направлении. Выходящее из рабочего цилиндра масло при этом поступает в отверстие *8* и через камеры *6* и *9* сливается в бак через отверстие *5*. Оба положения крана фиксируются шариковым фиксатором *2*.

Цилиндры. Цилиндры могут иметь поршни как с односторонним, так и с двусторонним штоком. В цилиндре с поршнем, имеющим двусторонний шток, скорости прямого и обратного хода поршня одинаковы при условии, что в правую и левую полости цилиндра подается одинаковое количество масла.

В цилиндре с поршнем, имеющим односторонний шток, скорости поршня будут различны ввиду различных рабочих площадей поршня.

Масло, которое подается насосом в гидравлическую систему, давит на поршень, заставляя его и жестко связанный стол станка совершать прямолинейное движение.

Скорость движения стола v зависит от объема масла Q, подаваемого в цилиндр. Зная этот объем и площадь поршня цилиндра F, можно определить скорость движения поршня, а следовательно, и скорость движения стола станка по формуле:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{40Q}{\pi (D^2 - d^2)} \text{ м/мин},$$

где D — диаметр поршня в *см;*

d — диаметр штока поршня в *см*;

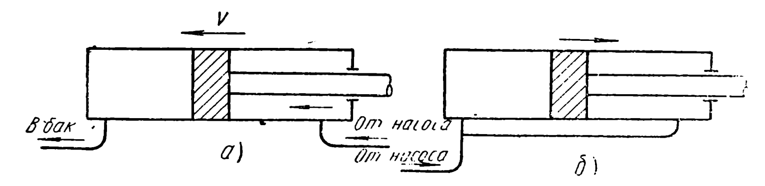
Q — расход масла в *л/мин*;

F — площадь поршня в $см^2$.

При поршне с односторонним штоком скорости движения прямого и обратного хода стола станка, несмотря на неравные объемы правой и левой полостей цилиндра, можно получить равными. Для этого необходимо, чтобы было обеспечено соотношение:

$$F = 2F_{шт},$$

где $F_{шт}$ — площадь поперечного сечения штока.



Фиг. 161. Схема гидравлического цилиндра для сообщения одинаковых скоростей прямого (*а*) и обратного хода (*б*).

При движении поршня влево масло от насоса поступает в правую полость цилиндра (фиг. 161, *а*). Объем поступившего масла будет равен:

$$Q = v(F - F_{шт}) = vF_{шт}.$$

Отсюда скорость поршня будет равна:

$$v = \frac{Q}{F_{шт}}.$$

Движение поршня в обратную сторону, т. е. слева направо, происходит с одинаковой скоростью в том случае, если обе полости цилиндра будут между собой сообщаться (фиг. 161, *б*). Масло при этом подается насосом одновременно в обе полости. Цилиндры такой конструкции называются дифференциальными.

Открытые и закрытые системы. Гидравлические приводы как для поступательного, так и вращательного движения могут быть выполнены в виде двух различных систем:

а) с открытой циркуляцией рабочей жидкости;

б) с закрытой (кольцевой) циркуляцией рабочей жидкости.

В первой системе рабочая жидкость свободно стекает в бак, в котором она может охладиться и освободиться от загрязняющих ее примесей (отстояться). Однако в выходной части этой системы может создаваться пониженное давление. Поэтому без дополнительного противодавления почти невозможно избежать попадания воздуха в систему. Для защиты гидравлической системы с открытой циркуляцией от попадания воздуха производится следующее:

а) конец сливного (выходного) трубопровода располагают ниже уровня жидкости в баке;

б) всасывающему трубопроводу насоса обеспечивают необходимую герметичность;

в) насос устанавливают так, чтобы высота засасывания была малой;

г) в крышках рабочих цилиндров предусматривают трубки и краны для выпуска воздуха, попавшего в систему.

В гидравлических системах с закрытой (кольцевой) циркуляцией отработанное масло через обратные клапаны поступает непосредственно во всасывающую трубу насоса, минуя бак. В этом случае количество масла, поступающего в рабочий цилиндр, должно быть равно количеству масла, уходящему из цилиндра за то же самое время. Практически все имеющиеся конструкции гидравлического привода даже при самом тщательном их изготовлении неизбежно имеют потери через неплотности в системе. Поэтому для компенсации этих потерь необходимо вводить в систему дополнительный насос. Недостаток системы с циркуляцией масла состоит в том, что здесь затруднено его охлаждение. Зато отсутствие воздуха в системе способствует большей равномерности движения частей станка — стола, салазок и т. д.

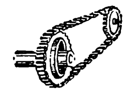
Все элементы гидравлической системы (насосы, клапаны, дроссели, поршни и т. д.) в настоящее время в большинстве своем стандартизованы. Поэтому создание необходимой гидравлической системы по существу сводится к составлению ее из отдельных стандартных узлов в зависимости от целевого назначения и расчетов гидравлической схемы.

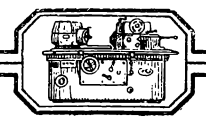
Гидромоторы вращательного движения. Для получения вращательного движения в гидравлических системах находят применение гидромоторы с осевым расположением поршней и наклонной шайбой. Эти гидромоторы используются в шлифовальных станках для вращения обрабатываемых деталей. В качестве примера может служить привод передней бабки резьбошлифовального станка ММ582 Московского завода внутришлифовальных станков. Гидромотор этого станка (фиг. 162) получает питание от лопастного насоса, нагнетающего масло под давлением 20—30 *ат*. В неподвижном корпусе *6* имеется одиннадцать цилиндрических отверстий с осями, параллельными оси двигателя, в которых перемещаются плунжеры *7* Сферические торцы плунжеров упираются в диск *8*, наклонно насаженный на вал гидромотора *9*. Рабочее перемещение плунжеров происходит в сторону наклона шайбы под действием нагнетаемого масла. Благодаря наклону шайбы от осевых сил, создаваемых плунжерами, возникают силы, вращающие шайбу *8* и вал гидромотора *9*. Когда плунжеры приходят в крайнее правое положение, подача масла прекращается. Наклонная шайба при вращении, двигая плунжеры, возвращает их обратно, вытесняя масло из цилиндров в резервуар. Распределение масла по цилиндрам плунжеров производится золотниковой распределительной шайбой *11*, установленной на эксцентриковом пальце левого конца вала *9*. При вращении вала эта шайба циклично открывает и закрывает щелевые отверстия для прохода масла в цилиндры *12*. Отработанное масло из цилиндров направляется в резервуар через

цилиндрические отверстия *4* шайбы *10* в полость *3* и далее в сливную трубу.

Гидромотор соединен с гидросистемой станка четырехходовым краном *1*. Далее масло идет через каналы *2* в полость *5*. Наличие четырехходового крана дает возможность изменять направление вращения гидромотора, независимо от положения реверсивного золотника. Число оборотов гидромотора регулируется путем дросселирования масла на входе в гидромотор. Гидромотор развивает мощность около 1 *квт* при максимальных числах оборотов. Числа оборотов гидромотора регулируются в пределах от 180—1250 об/мин.

Фиг. 162. Гидромотор вращательного движения.





ГЛАВА XIV

КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Среди шлифовальных станков наиболее широкое применение получили круглошлифовальные станки. Круглошлифовальные станки применяются как для наружного, так и для внутреннего шлифования.

Станки для наружного шлифования имеют следующие конструктивные разновидности:

1. Центровые станки: а) простые; б) универсальные; в) врезные.
2. Бесцентровые шлифовальные станки.
3. Станки с планетарным движением шпинделя.

К конструктивным разновидностям станков для внутреннего шлифования относятся:

1) станки с вращающимся изделием;
2) бесцентровые станки;
3) станки с планетарным движением шпинделя.

На простых центровых круглошлифовальных станках можно шлифовать как в центрах, так и в патроне, как цилиндрические, так и конические, а также и торцовые поверхности. Для шлифования конических поверхностей с небольшим углом конуса стол имеет верхнюю поворотную часть, поворачивающуюся в обе стороны до 8—10°.

Шлифование конических поверхностей детали со значительным углом конуса производится с поворотом передней бабки.

Торцовые поверхности шлифуются чашечным кругом, для чего деталь закрепляется в патроне.

Универсальные круглошлифовальные станки, в отличие от простых, имеют приспособления для внутреннего шлифования и поворотную бабку шлифовального круга, дающую возможность обрабатывать короткие, но с большими углами конические поверхности в центрах. Поворот шлифовального шпинделя может быть произведен либо вращением верхней части каретки, либо ее нижней части.

Врезные круглошлифовальные станки производительней, чем простые. Они применяются в крупносерийном и массовом производстве. На них шлифуются цилиндрические, конические и сложные фасонные поверхности, длина которых не превышает высоты шлифовального круга.

Шлифование осуществляется без продольного перемещения круга или детали. По сравнению с обычным круглошлифовальным стан-

ком врезной станок имеет упрощенную конструкцию. Для получения необходимого качества шлифованной поверхности и более равномерного износа круга в процессе шлифования цилиндрических поверхностей кругу от специального устройства сообщают возвратно-поступательные движения с длиной хода в несколько миллиметров.

Харьковский станкостроительный завод имени Молотова в настоящее время выпускает преимущественно круглошлифовальные станки следующих размеров: первая группа станков, имеющая диаметр шлифования 150 *мм,* длину шлифования 500, 750 и 1000 *мм* (модель 3151); вторая группа — диаметр шлифования 250 *мм*, длину шлифования 1000, 1500 и 2000 *мм* (модель 3160); третья группа — диаметр шлифования 350 *мм,* длину шлифования 1500, 2000, 2500 и 3000 *мм* (модель 3164); четвертая группа — диаметр шлифования 550, 700 *мм,* длину шлифования 3000, 4000, 5000 и 6000 *мм* (модель 3174).

§ 2. ЦЕНТРОВОЙ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3151

С круглошлифовальным станком 3151 мы уже познакомились в начале этой книги (см. фиг. 4). Этот станок относится к станкам простого типа.

Основные части станка: станина, стол, шлифовальная бабка, передняя бабка, панель управления, задняя бабка. Станок гидрофицирован. При помощи гидравлики осуществляются следующие движения:

а) продольное перемещение стола в двух направлениях;

б) автоматическая поперечная подача шлифовального круга;

в) ускоренный отвод и подвод шлифовальной бабки;

г) автоматическое выключение механизма ручного перемещения стола при выключенной гидравлической подаче.

Станок имеет ручное перемещение стола и подачу шлифовального круга, используемые главным образом при наладке станка.

В табл. 18 приведена техническая характеристика центрового круглошлифовального станка этой модели.

Таблица 18

Техническая характеристика центрового круглошлифовального станка модели 3151

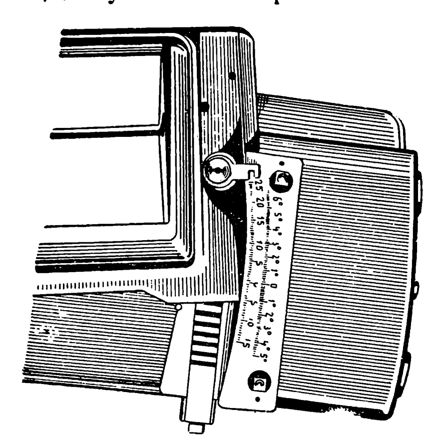
Наименование	Размеры
Наибольшая длина шлифования в *мм*	750
Наибольший диаметр шлифования в *мм* .	150
Наименьший диаметр шлифования в *мм*	0
Шлифовальный круг	
Число оборотов в об/мин.	1450
Наибольший наружный диаметр в *мм*	600
Наименьший наружный диаметр в *мм*	450
Наибольшая ширина круга в *мм:*	
при диаметре 600 *мм*	63
при диаметре 500 *мм*	100

Таблица 18 (окончание)

Наименование	Размеры
Передняя бабка	
Количество различных чисел оборотов шпинделя	3
Числа оборотов детали в об/мин.	75, 150, 300
Стол	
Наибольший угол поворота в град.	±5
Пределы регулирования скорости продольного перемещения (от гидравлической системы) в *м/мин.*	0,1 - 10
Бабка шлифовального круга	
Длина ускоренного подвода и отвода в *мм*	30
Время ускоренного подвода и отвода в сек.	3
Подача за один оборот маховика в *мм*	1

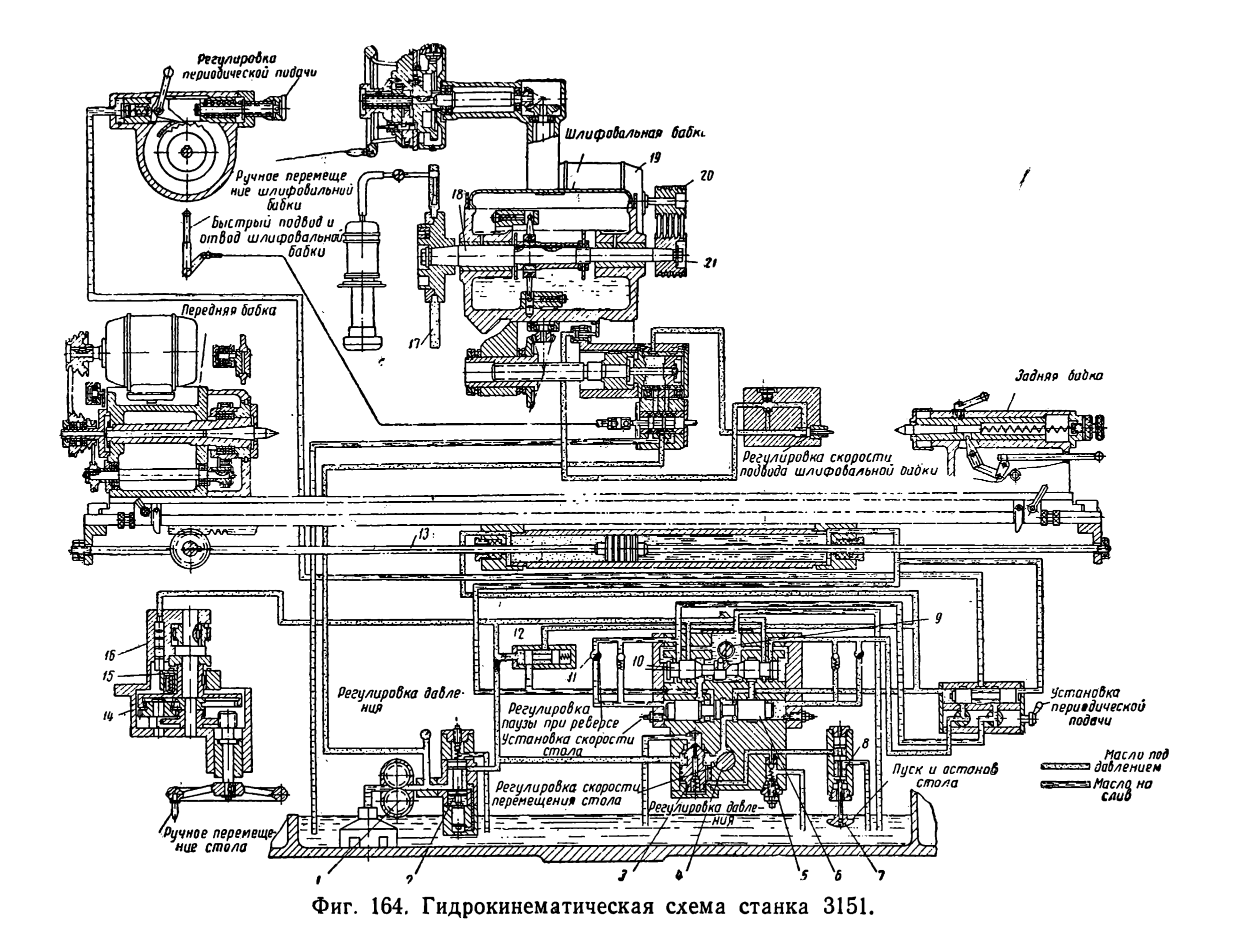
Станина и столы. Станина станка состоит из двух частей: передней и задней. По направляющим передней части ее перемещается стол в продольном направлении. Верхняя часть стола поворотная, что дает возможность шлифовать детали конической формы. На верхней части стола расположены передняя и задняя бабки для установки между ними шлифуемой детали. Направляющие задней части станины служат для поперечного перемещения шлифовальной бабки.

Для установки верхней части стола при шлифовании конических или цилиндрических деталей справа на столе имеется механизм поворота с лимбом и указателем (фиг. 163). Пользуясь лимбом и указателем, приближенно устанавливают угол поворота верхней части стола. Для точной установки стола на требуемый угол производят следующее: ослабив зажимы, вращением винта перемещают верхнюю часть стола, а затем закрепляют ее в нужном положении и шлифуют поверхность с весьма малой глубиной резания. Произведя измерение размеров шлифуемого вала на его концах, по результатам обмеров корректируют угол поворота верхней части стола, если он окажется неправильным. После установления необходимого угла поворота стола производится окончательное закрепление зажимов стола и шлифование.



Фиг. 163. Лимб поворота стола.

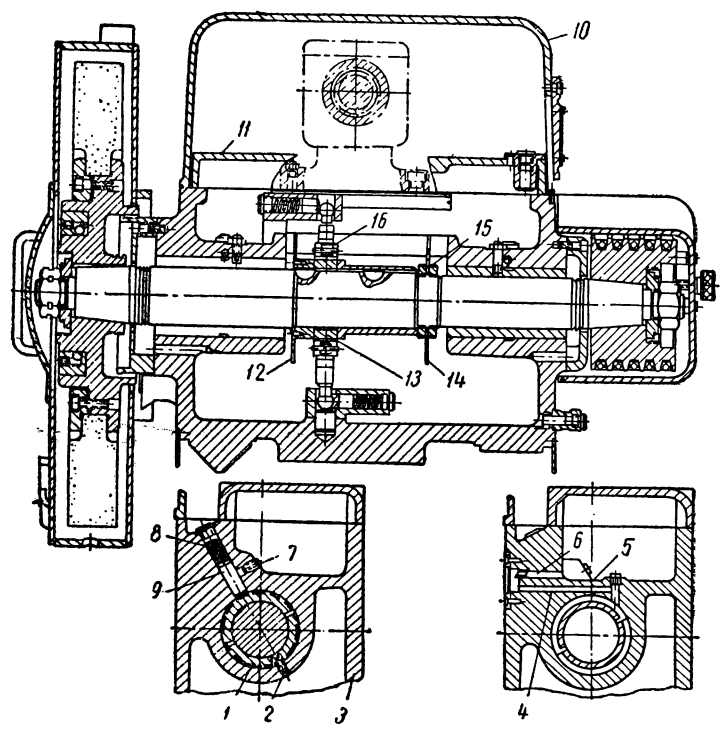
По гидрокинематической схеме станка (фиг. 164) и последующим фиг. 165, 166, 167 проследим за работой важнейших механизмов станка.



Фиг. 164. Гидрокинематическая схема станка 3151.

Главное движение. Изображенный на этой схеме шлифовальный круг *17* устанавливается на шпинделе *18* и получает вращение от электродвигателя *19* с мощностью 5,8 *квт* и числом оборотов 1450 об/мин. Вращение от него передается посредством клиноременной передачи через шкивы *20* и *21*. Электродвигатель *19* смонтирован на корпусе бабки шлифовального круга.

Фланец для закрепления шлифовального круга на шпинделе станка своим коническим отверстием насаживается на конический конец



Фиг. 165. Узел шпинделя шлифовального станка станкозавода имени Молотова.

шпинделя (фиг. 165). Коническое соединение фланца и шпинделя обеспечивает надежную и неподвижную их посадку. Шпиндель с фланцем соединяется шпонкой и закрепляется гайкой. Аналогично установлен и закреплен на другом конце шпинделя шкив. Шпиндель шлифовального круга вращается в двух подшипниках скольжения, представляющих разрезанную стальную втулку, с наплавленным на ее внутреннюю поверхность слоем высококачественной бронзы. Нижний вкладыш подшипника *1* укреплен винтами *2* в корпусе бабки *3*, а верхний вкладыш остается свободным. Регулирование зазора между подшипником и шпинделем производится так: удаляется алюминиевый кожух *10*, вывинчиваются винты крышки *11* и снимается крышка, а затем поочередно вывинчиваются на два-три

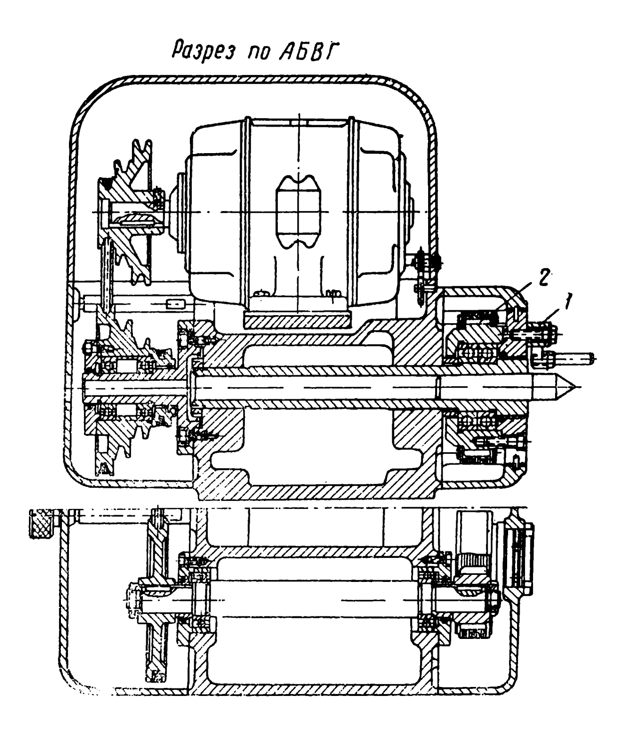
оборота все винты *7*. Освободившиеся поршеньки *9* под действием пружин *8* прижмут верхний вкладыш к шпинделю, оставив минимальную масляную пленку. Завинчиванием винтов *7* до отказа фиксируется положение поршеньков *9* и необходимый зазор между вкладышем и шпинделем. Так производится регулирование зазора в этих подшипниках.

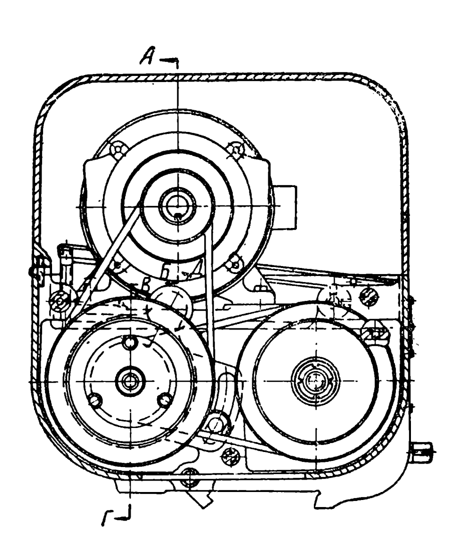
Для смазки подшипников на шпинделе укреплены диски *12* и *14*. Эти диски погружены в масло, залитое в камеру корпуса бабки. Количество масла внутри шлифовальной бабки контролируется масломерной планкой. Уровень масла должен быть не ниже риски, нанесенной на этой планке. При вращении шпинделя диском *14* масло забрасывается в жолоб *5*, стекает по каналам *6* и *4* и таким образом смазывает подшипники.

Для фиксирования шпинделя в осевом направлении применяется упорный подшипник. Он состоит из бронзового кольца *13*, закрепленного двумя винтами в хомуте *16*. Этот хомут закреплен своими шаровыми головками в корпусе. Зазор между буртами шпинделя и бронзовым кольцом регулируется гайками *15*. Такая регулировка производится по индикатору, путем легкого нажима в осевом направлении на шкив. При этом перемещение шпинделя не должно превышать 0,02—0,03 *мм*.

Вращение детали. Вращение шлифуемой детали или ее подача осуществляется от отдельного электродвигателя мощностью 0,55 *квт*, имеющего число оборотов 940 об/мин. (фиг. 166). Шлифуемая деталь приводится во вращение поводком планшайбы, которая связана с ведомой звездочкой *2*. Планшайба приводится во вращение от электродвигателя через две клиноременные и одну цепную передачи. Первая клиноременная передача трехступенчатая, что позволяет производить изменение чисел оборотов детали. Вторая одноступенчатая клиноременная передача является промежуточной между первой клиноременной и цепной передачами. В передней бабке имеется устройство для натяжения ремней и цепи. Передняя бабка может переставляться на столе станка в зависимости от длины обрабатываемой детали и расположения задней бабки.

Продольное перемещение стола. Продольное перемещение (продольная подача) стола может осуществляться гидравлически или вручную. Снова обратившись к фиг. 164, рассмотрим, как гидравлическая система станка осуществляет продольную подачу стола. От шестеренчатого насоса *1*, получающего вращение от электродвигателя, масло направляется через сетчатый фильтр, предохранительный клапан *2*, редукционный клапан *3*, главный дроссель *4* и реверсивный золотник в рабочий цилиндр продольной подачи стола. Скорость движения стола изменяется главным дросселем *4*. Изменение направления движения стола производится перемещением золотника *10* при помощи рукоятки *9*. От поворота рукоятки, а следовательно, и перемещения золотника *10* вправо или влево под давлением масла перемещается и плунжер золотника *6*, подается жидкость к правой или левой полости рабочего цилиндра *13*. Избыток масла проходит через кран *5*.

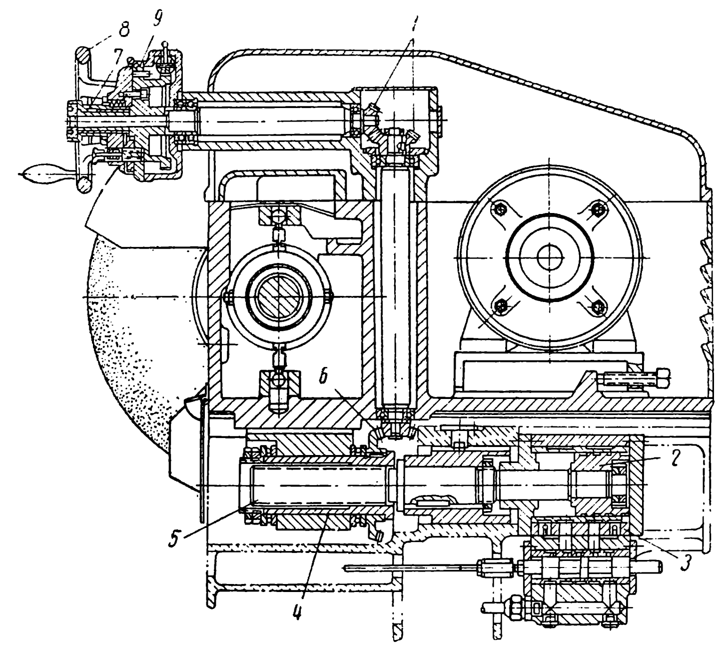




Фиг. 166 Передняя бабка станка 3151

Стол в момент реверсирования на некоторое время останавливается, чем устраняются его толчки. Длительность остановки стола зависит от скорости перемещения плунжера золотника *6*, которая регулируется дросселями *11*.

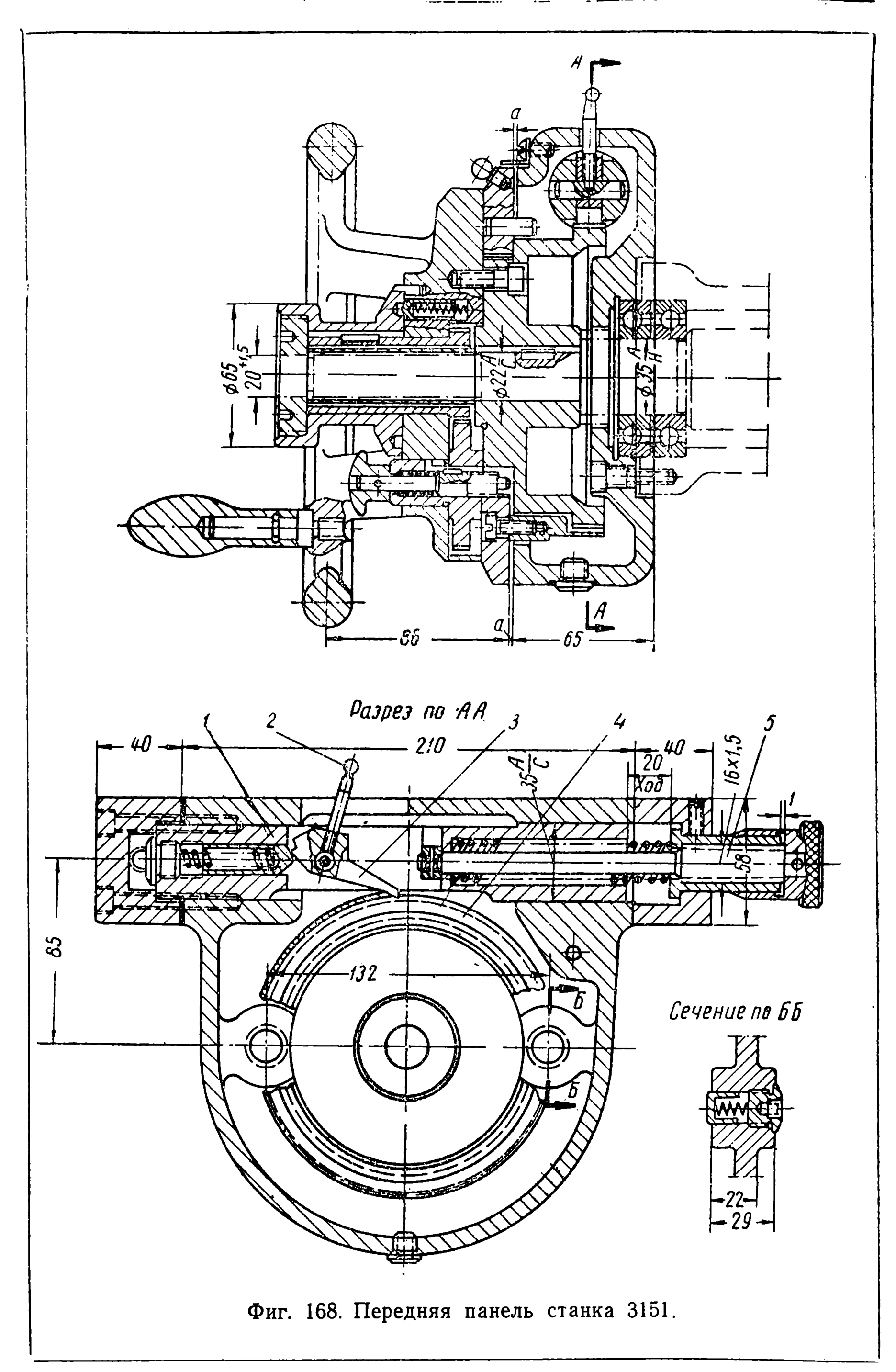
Кнопкой *7* производится пуск и остановка движения стола. При нажатии кнопки стол останавливается и масло вытекает в резервуар через золотник *8*, минуя разгрузочный клапан. При включении кнопки стол вновь получает движение и плунжер золотника *8* перекроет выход масла в резервуар.



Фиг. 167. Механизм подачи шлифовального круга станка 3151.

В момент включения гидравлической подачи механизм ручного перемещения стола выключается давлением масла на поршень *16* и расцеплением муфты *15*. При выключении гидравлической подачи стола муфта *15* включает пружиной *14* механизм ручной подачи. От вращения маховичка, передающего движение через три пары зубчатых колес валу с реечной шестерней, движение передается рейке стола. Для более легкого ручного перемещения стола от маховичка плунжер золотника *12* соединяет обе полости рабочего цилиндра.

Поперечная подача шлифовального круга. Современные круглошлифовальные станки обычно имеют следующие поперечные подачи: 1) ручную; 2) автоматическую при каждом ходе стола; 3) беспрерывную автоматическую подачу (при работе врезанием); 4) быстрый отвод и подвод бабки шлифовального круга.

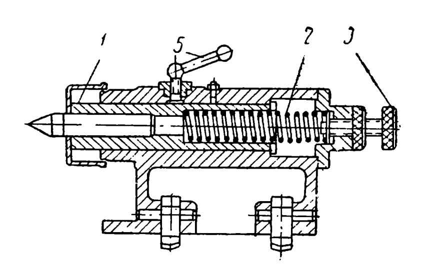


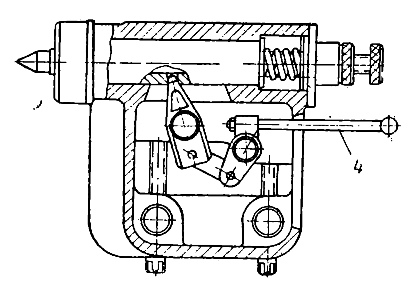
Фиг. 168. Передняя панель станка 3151.

Ручная поперечная подача станка 3151 (фиг. 167) осуществляется вращением маховика через две пары конических колес *1* и *6*, гайку *4* и подшипник, укрепленный в корпусе бабки. Винт *5* поперечной подачи имеет опору на станине. В осевом направлении винт *5* перемещается поршнем *2* цилиндра быстрого подвода *3*. За один оборот маховика *8* шлифовальная бабка перемещается на один миллиметр. Лимб *9*, укрепленный на оси маховика, имеет по окружности 200 делений, цена которых равна 0,01 *мм* (на диаметр детали). Лимб снабжен передвижным упором. При шлифовании партии одинаковых деталей ручная подача производится до упора, который устанавливается по размеру первой детали или эталону. Для компенсации износа круга имеется малый лимб *7* с ценой деления 0,005 *мм* (на диаметр). При повороте этого лимба основной лимб *9* смещается.

Периодическая автоматическая подача при шлифовании длинных деталей по методу многократных проходов может производиться за каждый одинарный или двойной ход стола. Механизм периодической подачи за каждый ход стола состоит из двух независимых узлов: передней панели (фиг. 168) и золотника периодической подачи (см. фиг. 164). Передняя панель состоит из гидравлического цилиндра *1*, на торце которого укреплена собачка *3*, зацепляющаяся с храповым колесом *4*, сидящим на валу маховика ручной подачи бабки. Величину подачи можно регулировать винтом *5* в пределах 0,005—0,03 *мм*.

При реверсировании стола с помощью расположенного на нем упора происходит перемещение распределительного золотника гидропанели, и масло через кран и осевой пилот золотника периодической подачи под давлением направляется к цилиндру *1*. Поршень с собачкой *3* перемещается слева направо, сжимая пружину. Собачка поворачивает храповое колесо, благодаря чему происходит подача бабки. По окончании реверсирования стола золотник периодической подачи перекрывает подвод давления к цилиндру *1* и соединяет его со сливом. Под действием пружины поршень возвращается в начальное положение, вытесняя масло на слив. Так осуществляется подача на каждый двойной ход. Для работы станка с периодической подачей на двойной ход стола одну из линий, идущих к цилиндру *1*, перекрывают поворотом крана золотника периодической подачи.





Фиг. 169. Задняя бабка станка 3151.

Непрерывная автоматическая подача производится при работе

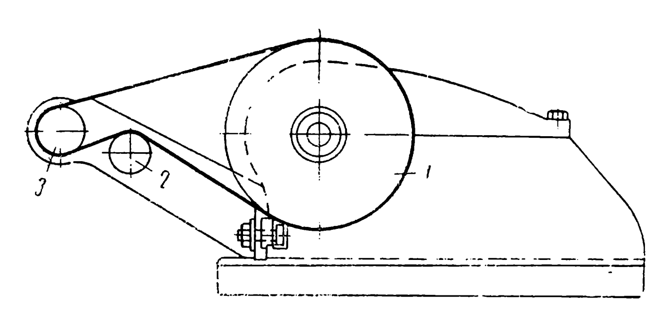
станка по методу врезания. Для этого необходимо выключить периодическую подачу путем вывода собачки *3* из зацепления с храповым колесом с помощью рукоятки *2*.

Быстрый отвод и подвод шлифовального круга осуществляются при помощи гидравлического цилиндра и поршня, укрепленного на винте.

Задняя бабка. На фиг. 169 показана задняя бабка. В коническое отверстие пиноли *1* устанавливается центр. Деталь зажимается в центрах под действием пружины *2*, усилие которой регулируется винтом *3*. Зажим пиноли при шлифовании производится винтом, связанным с рукояткой *5*. Отвод пиноли осуществляется рукояткой *4*.

§ 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

Для расширения возможностей круглошлифовального станка его снабжают специальным приспособлением для внутреннего шлифования.



Фиг. 170. Схема установки приспособления для внутреннего шлифования.

На фиг. 170 показана схема установки такого приспособления на станке 3А12 Харьковского станкозавода. Приспособление устанавливается и крепится на шлифовальной бабке, имеющей в передней стенке корпуса Т-образный паз для головок болтов. Приспособление имеет вид кронштейна с длинной втулкой, в которой на шарикоподшипниках вращается шпиндель для внутреннего шлифования.

Вращение шлифовальному кругу передается от шкива *1* через натяжной ролик *2* и шкив *3*, сидящий на шпинделе круга. Шкив *1* находится на шпинделе бабки шлифовального круга с противоположной стороны этого шпинделя. Число оборотов шпиндельной головки колеблется от 5850 до 9500 в минуту.

Продольная и поперечная подачи здесь осуществляются, как и при наружном шлифовании.

При шлифовании особенно глубоких отверстий применяются удлинители, которые вставляются в коническое отверстие шлифовального шпинделя. На конце такого удлинителя устанавливается шлифовальный круг.

§ 4. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Внутришлифовальные станки служат для шлифования отверстий как цилиндрической, так и конической формы. На этих же станках производят шлифование и торцов деталей с одной установки с отверстием.

Слой металла, снимаемый за один проход при внутреннем шлифовании, очень мал и значительно меньше глубины шлифования наружных поверхностей. Это объясняется, во-первых, тем, что удлиненный и тонкий шпиндель внутришлифовального станка не допускает большого бокового давления, возникающего при шлифовании, а, во-вторых, размеры самого шлифовального круга незначительны, и работает он в более тяжелых условиях, чем круг при наружном шлифовании, ввиду большой поверхности соприкосновения круга и детали. По этим же причинам применяются и меньшие продольные подачи шлифовального круга.

Шлифование отверстий на внутришлифовальных станках производится двумя способами: а) при вращающейся детали и б) при неподвижной детали (на станках с так называемой планетарной передачей).

Внутришлифовальные станки, работающие по первому способу, делятся на две группы: станки для патронной работы и станки для бесцентрового шлифования.

§ 5. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3250

Внутришлифовальный станок модели 3250, с которым мы уже познакомились ранее (см. фиг. 5), является наиболее распространенным из числа станков, предназначенных для патронных работ.

Краткая техническая характеристика этого станка приводится в табл. 19.

Таблица 19

Техническая характеристика внутришлифовального станка модели 3250

Наименование	Размеры
Наибольший диаметр шлифуемого отверстия в *мм*	200
Наименьший диаметр шлифуемого отверстия в *мм*	40
Наибольший наружный диаметр детали в *мм*	345
Наибольшая длина шлифования в *мм*	125
Расстояние от оси шпинделя до стола в *мм*	220
Наибольшее поперечное смещение оси шлифовального круга относительно оси изделия в *мм:*	
вперед	80
назад	115
Стол и бабки	
Наибольшее продольное перемещение стола гидравлически и вручную в *мм* . . .	580
Наибольшее поперечное перемещение бабки шлифовального круга (гидравлическое и вручную) в *мм*	195

Таблица 19 (окончание)

Наименование	Размеры
Наибольший угол поворота передней бабки в горизонтальной плоскости в град.	15
Числа оборотов шлифовального круга в об/мин.	8000; 10000; 15000
Числа оборотов шпинделя передней бабки в об/мин.	190; 265; 375; 590
Поперечные подачи бабки шлифовального круга на 1 двойной ход стола в *мм/дв. ход:*	
наименьшая (на 1 зуб храпового колеса)	0,002
наибольшая (на 6 зубьев храпового колеса)	0,012
Скорость перемещения стола гидравлически (продольная подача) в *мм/мин:*	
наименьшая	250
наибольшая	10000
Приводы	
Шлифовального круга трехфазного тока:	
электродвигатель мощностью в *квт*	4,2
число оборотов в об/мин.	3000
Передней бабки:	
мощность в *квт*	0,85
число оборотов в об/мин.	1000
Гидравлического насоса:	
мощность в *квт*	1,2
число оборотов в об/мин.	1000
Насоса для охлаждающей жидкости:	
мощность в *квт*	0,1
число оборотов в об/мин.	3000

Шлифование деталей на этом станке осуществляется с помощью четырех движений:

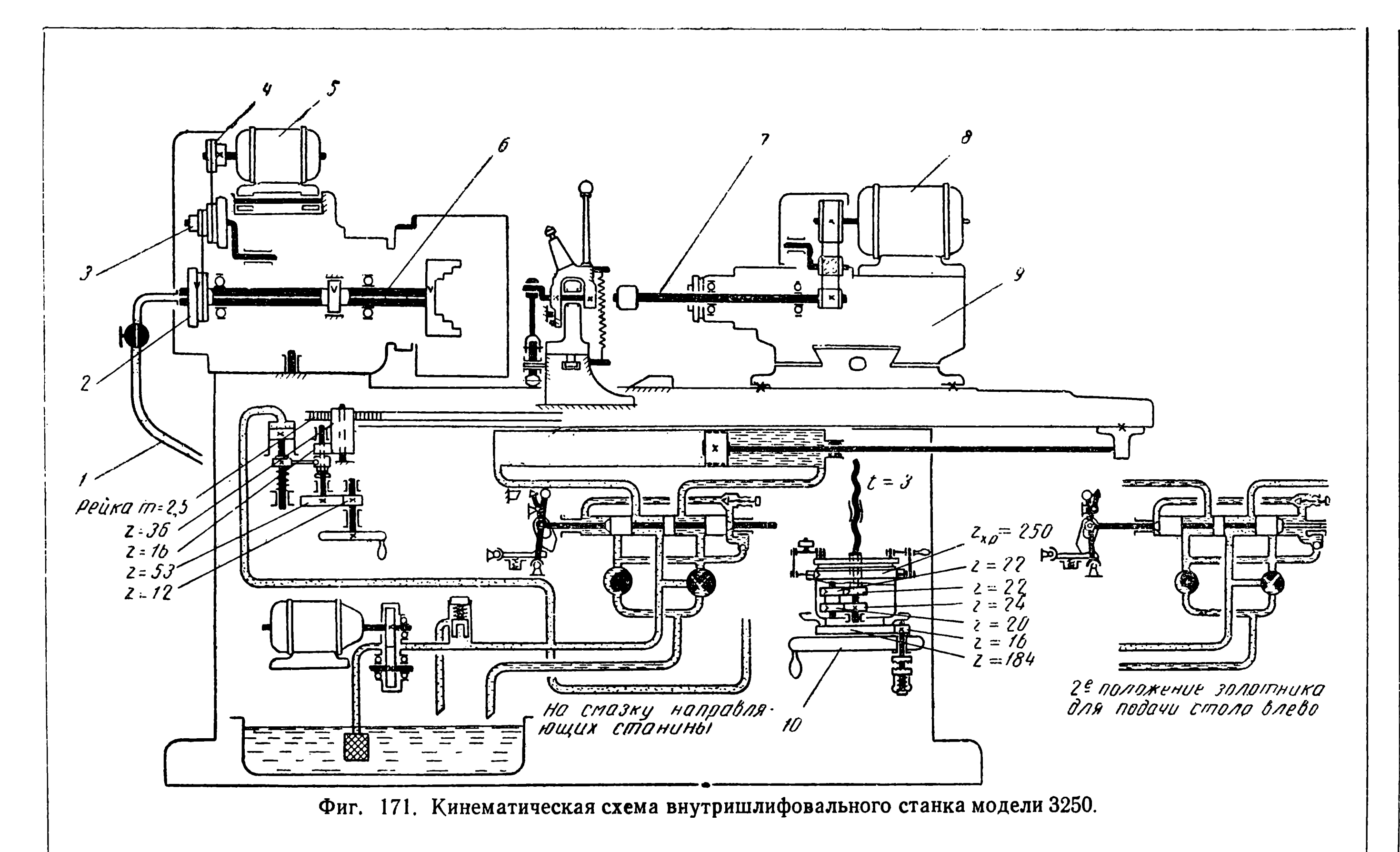
1) вращения шлифовального круга;
2) вращения (подачи) шлифуемой детали;
3) поперечного перемещения шлифовального круга;
4) продольного перемещения шлифовального круга.

С помощью его гидрокинематической схемы, приведенной на фиг. 171, 172, 173 и 174, разберем устройство станка.

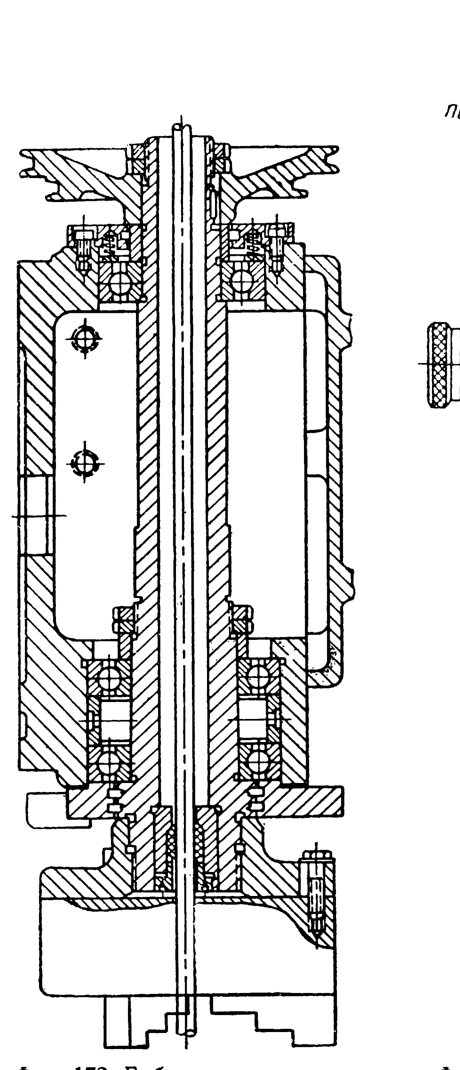
Вращение детали. Деталь на этом станке получает вращение от электродвигателя *5* (фиг. 171), установленного на корпусе передней бабки, посредством клиновидных ремней через ступенчатые шкивы *2, 3, 4,* передающие движение на шпиндель *6.* На переднем конце шпинделя закрепляется самоцентрирующий патрон или другое приспособление для закрепления детали. При креплении детали в пневматическом патроне воздух подается по шлангу *1.*

Шпиндель, конструкция которого изображена на фиг. 173, имеет следующие числа оборотов в минуту: 190, 265, 375 и 530.

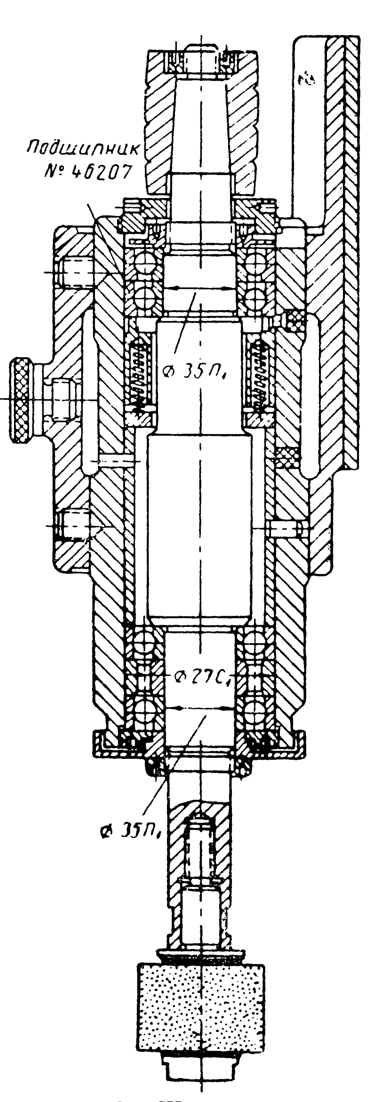
Вращение шлифовального круга (главное движение). Шлифовальный круг, установленный на шпинделе *7,* получает вращение от электродвигателя *8* посредством плоского ремня (см. фиг. 171). Из-



Фиг. 171. Кинематическая схема внутришлифовального станка модели 3250.



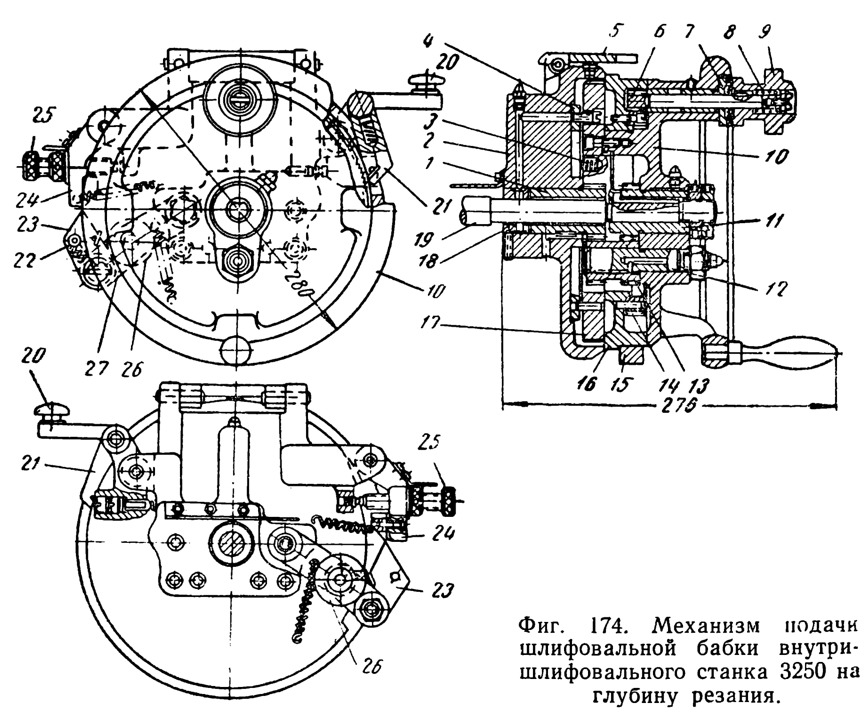
Фиг. 172. Бабка детали внутришлифовального станка модели 3250.



Фиг. 173. Шпиндель круга внутришлифовального станка модели 3250.

менение числа оборотов шлифовального круга осуществляется сменой шкива на шпинделе шлифовального круга (фиг. 172). Число оборотов шпинделя шлифовального круга в минуту может быть установлено: 8000, 12 000 и 15 000.

Поперечная подача бабки шлифовального круга. Поперечную подачу бабки шлифовального круга необходимо осуществлять после каждого двойного хода стола с тем, чтобы при последующих проходах снимать с внутренней поверхности детали новые слои металла, равные глубине шлифования. Это перемещение производится верхними салазками *9* (см. фиг. 171) супорта шлифовальной бабки вместе с установленным на ней электродвигателем. Поперечная подача может производиться автоматически или же вручную. Ручное перемещение шлифовального круга осуществляется поворотом маховичка *10,* связанного с ходовым винтом, имеющим шаг нарезки $t = 3$ *мм.*



Фиг. 174. Механизм подачи шлифовальной бабки внутришлифовального станка 3250 на глубину резания.

Обратившись к фиг. 174, рассмотрим, как осуществляется периодическая подача шлифовального круга на глубину резания. На ходовом винте *19,* проходящем сквозь закрепленную в корпусе *2* втулку, на поверхности которой нарезан зубчатый венец с 22 зубьями, закрепленно зубчатое колесо *11,* имеющее 24 зуба. На оси *12,* вставленной в маховичок *10,* свободно сидит сателлитный блок* *13,* состоящий из

* Сателлитами называются такие зубчатые колеса, ось которых может катиться вокруг соединенного с ними другого зубчатого колеса.

зубчатых колес с числами зубьев 22 и 20, находящихся в постоянном сцеплении с неподвижно зубчатым колесом *1* и заклиненным на ходовом винте *19* зубчатым колесом *11*.

Ходовой винт *19* проходит сквозь втулку *18*. Вращение винту *19* сообщается следующим образом. При вращении маховичка *10* перемещается ось *12*, несущая колесо с числом зубьев 22 и 20. Колесо, имеющее 22 зуба, катится по другому неподвижному зубчатому колесу, имеющему также 22 зуба. Это приводит во вращение зубчатое колесо с 24 зубьями, сидящее на винте *19*, и зубчатое колесо с числом зубьев 20. Передаточное отношение всей этой системы зубчатых колес равно:

$$i = 1 - \frac{22}{22} \ \frac{20}{24} = \frac{1}{6}$$

Это означает, что если маховичок *10* сделает один оборот, то ходовой винт *19* повернется только $^1/_6$ часть оборота. Учитывая, что шаг ходового винта равен 3 *мм*, нетрудно видеть, что одному обороту маховичка *10* и связанного с ним лимба *16* соответствует перемещение бабки шлифовального круга на величину: $3 \cdot \frac{1}{6} = 0{,}5$ *мм*. С маховичком *10* скреплен винтами храповик *17*, имеющий 250 зубьев, периодически поворачиваемый собачкой *23*. При движении стола станка влево ролик *26* рычажка *27* собачки встретит установленный в нужном месте стола упор, накатится на него и повернет рычажок *27* кверху. При этом собачка, двигаясь вместе с рычажком, встретит скос колодки *24* вследствие чего она войдет своим зубом в зацепление с храповиком *17* и повернет его вместе с маховичком *10*. Поворот храповика *17* на один зуб соответствует поперечной подаче шлифовального круга на величине: $\frac{0{,}5}{250} = 0{,}002$ *мм*.

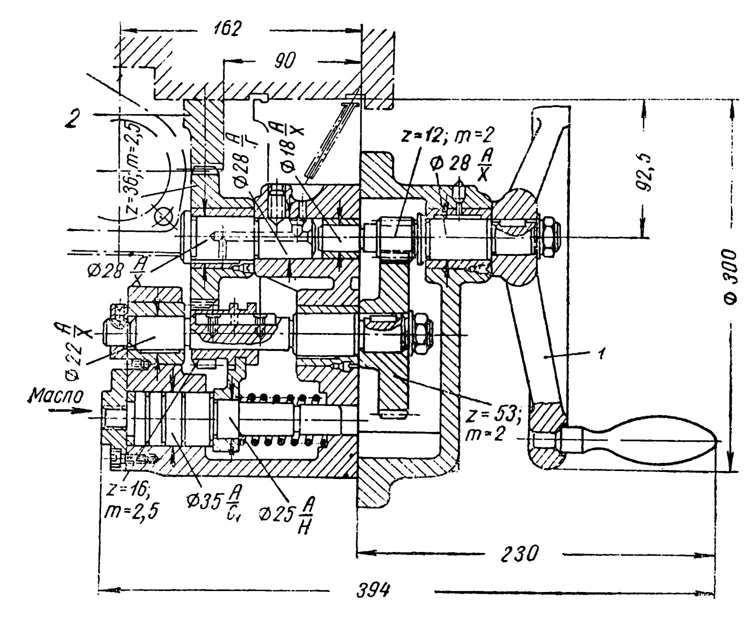
Другими словами, поворот храповика *17* на один зуб соответствует глубине резания, равной двум микронам. Число зубьев храповика, захватываемых собачкой при каждом качании рычажка *27*, регулируется винтом *25*, с помощью которого производится установка колодки *24*. Чем больше величина зазора между скосом колодки *24* и собачкой *23*, тем позднее ее зуб войдет в зацепление с храповиком.

Регулируя положение рычажка, изменяют величину поперечной подачи на один двойной ход стола. Наименьшая подача от поворота на один зуб храпового колеса равна 0,002 *мм*, наибольшая подача может быть получена от поворота храпового колеса на 6 зубьев и будет равна 0,012 *мм*.

Автоматическая подача бабки шлифовального круга происходит до тех пор, пока кулачок *15*, закрепленный на лимбе *16*, не дойдет до штифта *22* и не выведет собачку из зацепления с храповиком *17*. Установка лимба *16* производится с помощью головки *9* и пружины *8*. Оттянув пружину на себя и расцепив торцовые головки муфточки *7*, поворачивают с помощью зубчатого колеса *6* с числом зубьев *18* зубчатое колесо *14* с числом зубьев 184, соединенное с лимбом *16*.

Дозированная подача, т. е. подача на один ход стола, производится рычажком *20*. При его нажатии собачка *21* повертывает храповик *17* на два зуба, а следовательно, и бабка шлифовального круга переместится на 0,004 *мм*. Кольцо *4*, прижимаемое пружинами *3* к плоскости корпуса механизма, предохраняет храповик, лимб и маховичок от случайных поворотов фиксатором *5*.

Продольная подача шлифовального круга. Продольная подача шлифовального круга производится перемещением стола (см. фиг. 171) вручную с помощью маховика через зубчатые колеса *12, 53, 16, 36* и реечную передачу стола.



Фиг. 175. Механизм ручного перемещения стола при наладке внутришлифовального станка модели 3250.

На фиг. 175 изображен механизм ручного перемещения стола при наладке станка. Зубчатому колесу с числом зубьев 36, находящемуся в постоянном зацеплении с рейкой *2* стола, вращение передается от маховичка *1* через зубчатые колеса с числом зубьев 12, 53 и 16.

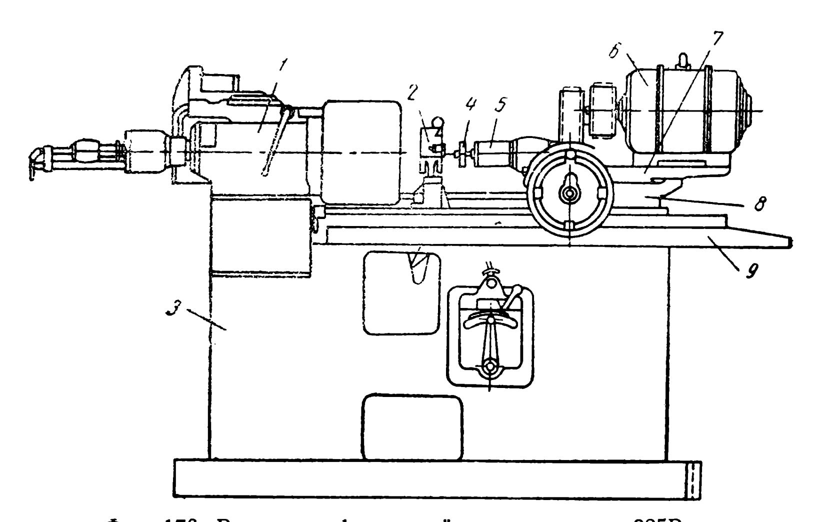
Перемещение стола с помощью гидравлических устройств производится следующим образом (фиг. 171). Масло из резервуара, расположенного в станине станка, подается шестеренчатым насосом под давлением 8—10 атмосфер через разгрузочный клапан в золотниковую коробку. Оттуда оно поступает в левую или правую часть цилиндра, перемещая поршень и шток, а с ними и стол в правую или левую сторону. Поступление масла в ту или иную часть цилиндра регулируется положением плунжера золотника. Выпуск масла, находящегося впереди движущегося поршня, производится через дрос-

сельный кран, поворотом которого регулируется скорость движения стола. Пройдя дроссельный кран, масло поступает в резервуар.

Управление золотником осуществляется кулачками, расположенными в пазу стола и действующими на рукоятку. Изменение хода стола может быть осуществлено вручную. Одновременное действие механизмов гидравлического и ручного перемещения стола исключено.

§ 6. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК 325

Станки этого типа имеются трех моделей. Первая модель отличается тем, что весь цикл работы, а также измерение шлифуемого отверстия совершается автоматически. Станки второй модели, так же



Фиг. 176. Внутришлифовальный станок модели 325В:

1 — передняя бабка; *2* — правильное приспособление; *3* — станина; *4* — шлифовальный круг; *5* — шпиндель шлифовального круга; *6* — электродвигатель; *7* — верхняя плита; *8*, *9* — салазки.

как и первой, работают автоматически, причем размер обрабатываемых отверстий выдерживается по упорам, установленным на маховичке поперечной подачи. Кроме того, в станке есть механизм компенсации износа круга, обеспечивающий сохранение диаметра отверстия на всей его длине, сводя к минимуму влияние износа шлифовального круга. Станки третьей модели не имеют автоматического цикла работы, и измерение размеров детали производится вручную.

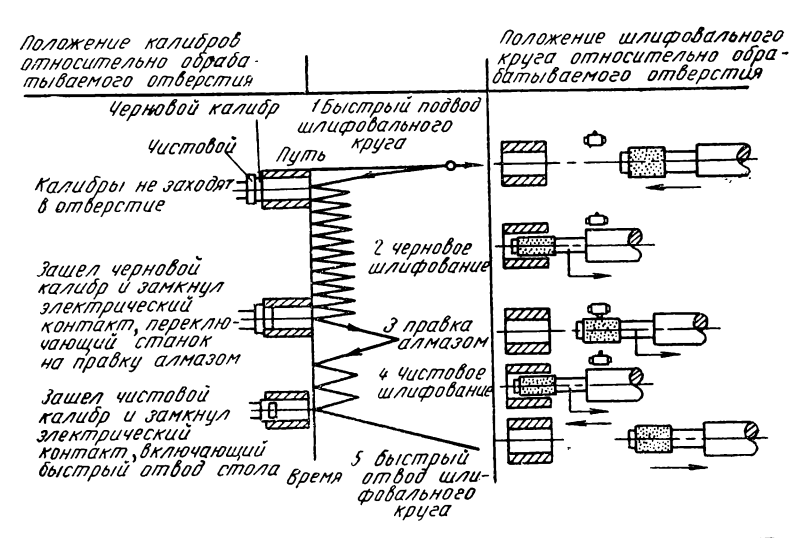
На фиг. 176 показан общий вид внутришлифовального станка модели 325В. Этот станок автоматически производит следующий цикл работ (фиг. 177):

1. Вращающийся с большим числом оборотов шлифовальный круг автоматически вводится в отверстие вращающейся шлифуемой детали.

2. Двигаясь вперед и назад в отверстии, но полностью не выходя из него, круг при каждом двойном ходе автоматически подается в поперечном направлении на установленную глубину чернового шлифования.

3. По окончании чернового шлифования круг автоматически выводится из отверстия и правится алмазом.

4. Круг снова автоматически вводится в обрабатываемое отверстие и обрабатывает его до нужных размеров чистовыми проходами.



Фиг. 177. Цикл работы внутришлифовального станка модели 325В.

Глубина шлифования при этом значительно меньше, чем при черновом шлифовании.

5. Шлифовальный круг автоматически возвращается в исходное положение и станок останавливается.

Снятие обработанной детали и установка необработанной производится вручную.

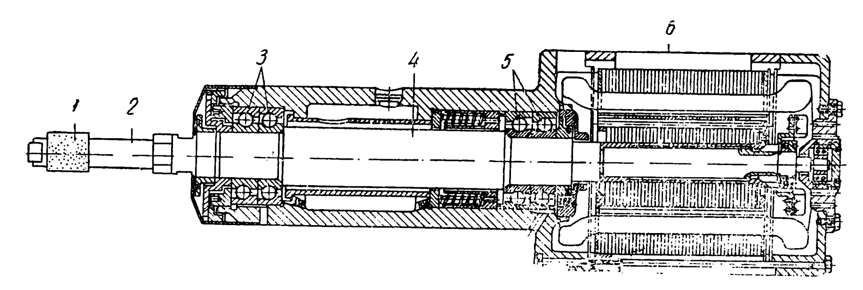
Диаметр отверстия в процессе чернового и чистового шлифования автоматически контролируется калибрами. Это осуществляется следующим образом. При движении шлифовального круга вправо к торцу обрабатываемой детали прижимаются черновой и чистовой калибры. При движении круга влево калибры автоматически отводятся от торца и не препятствуют работе шлифовального круга.

Окончание чернового шлифования определяется тем, что размер отверстия становится больше диаметра чернового калибра и калибр свободно входит в отверстие. От входа чернового калибра в отверстие шлифуемой детали замыкается контакт и включается электрическая цепь, переключающая механизм движения стола станка на правку шлифовального круга. Окончание процесса чистового шлифования определяется тем, что в отверстие входит чистовой калибр. При этом

замыкается электрическая цепь, отводящая стол с бабкой шлифовального круга в исходное положение.

Такие станки называются полуавтоматами. Имеются станки-автоматы, которые всю работу, включая закрепление и освобождение обрабатываемой детали, производят без участия рабочего.

Электрошпиндели к внутришлифовальным станкам. При шлифовании малых отверстий, а также при скоростном шлифовании отверстий диаметром меньше 100 *мм* необходимо увеличивать скорость вращения круга до 18 000 — 24 000 об/мин. Для получения высоких чисел оборотов применяются электрошпиндели (фиг. 178), у которых вал ротора высокочастотного электродвигателя служит одновременно и шлифовальным шпинделем. Электрошпиндель закрепляется на супорте станка. Применение электрошпинделей дает возможность обойтись в конструкции станка без электродвигателя и ременной передачи от электродвигателя к шлифовальному шпинделю, что создает спокойное шлифование, без толчков, вибрации и других ненормальностей, наблюдающихся при работе обычными шпинделями.



Фиг. 178. Продольный разрез электрошпинделя ЭШ-18/2,2 для шлифования отверстий диаметром от 30 до 50 *мм*.

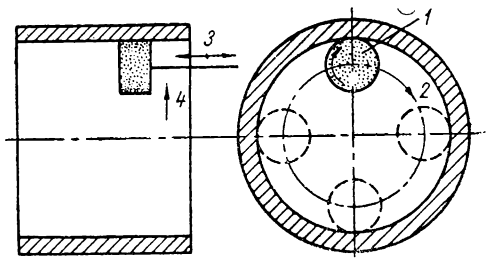
§ 7. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ПЛАНЕТАРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ШПИНДЕЛЯ

Если размеры обрабатываемых внутренним шлифованием деталей велики и им нельзя сообщить вращательное движение (например, блок цилиндров автомобильного или тракторного двигателя), то такие детали закрепляются на столе неподвижно, а все необходимые движения сообщаются шпинделю шлифовального круга.

На фиг. 179 представлена схема внутреннего шлифования при неподвижной детали. Шлифовальный круг *1* совершает быстрое вращение вокруг собственной оси, которая в свою очередь также совершает движение по окружности *2*. Такое движение шлифовального круга называют планетарным. Чтобы шлифовальный круг мог прошлифовать отверстие по всей длине, ему сообщается возвратно-поступательное движение вдоль оси по стрелке *3*. Для того чтобы при каждом проходе шлифовальный круг смог снять новые слои металла, он получает поперечную подачу на глубину резания в направлении стрелки *4*.

Станки для внутреннего шлифования с планетарным движением шпинделя делятся на станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделей.

Горизонтальный внутришлифовальный станок с планетарным движением шпинделя. На фиг. 180 изображена схема станка фирмы «Наксос Унион». На столе *5* закрепляется обрабатываемая деталь. Стол *5* с кронштейном *3* может перемещаться вручную рукояткой *2* вверх или вниз, а также перемещаться по направляющим кронштейна при помощи рукоятки *4*.



Фиг. 179. Схема внутреннего шлифования при неподвижной детали.

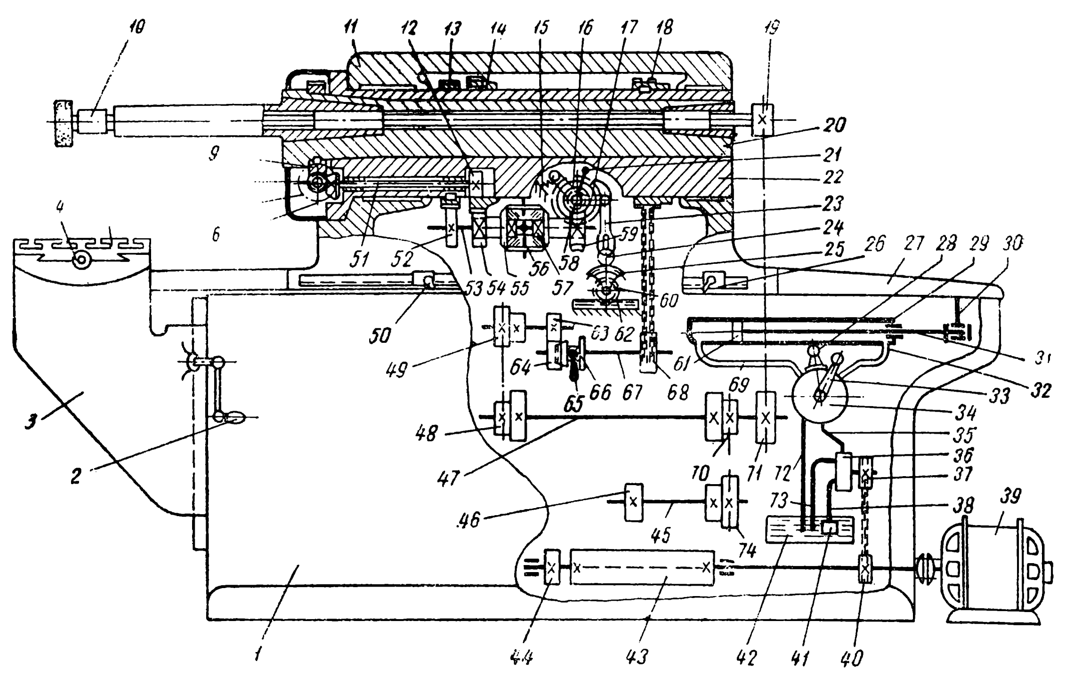
На коробчатой станине *1* по направляющим перемещаются салазки *27* бабки шлифовального круга. Шпиндель *10* закреплен в супорте *11* и имеет планетарное движение. На салазках бабки шлифовального круга имеются упоры *26* и *50*, переключающие направление ее продольной подачи. Упоры повертывают рычаг *28* распределительного устройства гидравлической системы подачи и этим сообщают бабке возвратно-поступательное движение. Для изменения величины продольной подачи служит рукоятка *33*. Рукояткой *21* осуществляется поперечная подача шлифовального круга.

Краткая характеристика станка

Наибольший диаметр шлифования в *мм*	180
Наибольшая длина шлифования в *мм*	300
Число об/мин. шлифовального круга	5640 и 3300
Мощность электродвигателя в *л. с.*	4,5

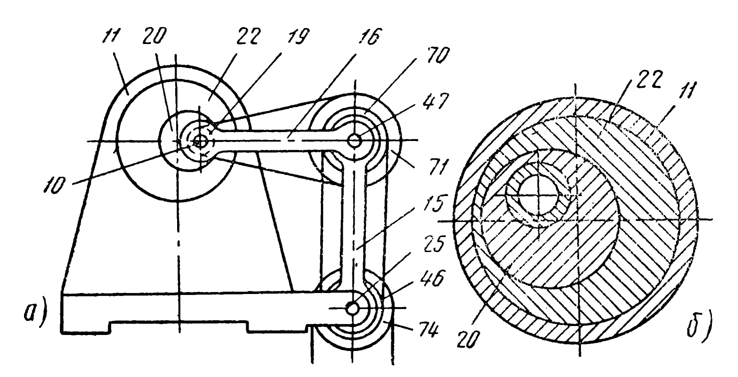
Вращение шлифовального круга. От электродвигателя *39* движение передается на длинный шкив *43* и короткий шкив *44*, от которых при помощи ремня движение передается на шкив *46*, сидящий на валу *45*. Далее через двухступенчатые шкивы *74* и *70*, сидящие на валу *47*, и ременную передачу *19* и *71* приводится во вращение шлифовальный шпиндель *10*. Передача движения на шпиндель устроена так, чтобы дать возможность оси шлифовального шпинделя также совершать вращательное движение. Для этой цели подшипники вала *47* устроены подвижными и соединены рычагами *16* и *15* с валом *45* и шпинделем *10*, как это показано на фиг. 181. Вследствие этого вал *47* может качаться вокруг оси вала *45*, вызывая перемещение оси шлифовального шпинделя по окружности. Расстояние между осями шпинделя *10* и вала *47*, валов *45* и *47* (фиг. 180), таким образом, будет постоянным, и ременные передачи *74* и *70*, *71* и *19* будут работать нормально.

Планетарное движение шлифовального круга. От вала *47* (фиг. 180) через двухступенчатый шкив *48* движение при помощи ременной передачи передается на двухступенчатый шкив *49*,



Фиг. 180. Кинематическая схема внутришлифовального станка с горизонтальным расположением шпинделя.

на валу которого находится шестерня *63*, соединенная с ним при помощи шпонки. Зубчатое колесо *63* соединено с колесом *64*, свободно сидящим на валу *67*. Это колесо в свою очередь может соединяться с валом при помощи муфты *66* и рукоятки *65*. На валу *67* укреплено цепное колесо *68*, вращающее зубчатый обод колеса *18*, закрепленного на барабане *22*. Барабан *22*, находящийся в подшипниках супорта *11*, вращает барабан *20* и шпиндель *10* шлифовального круга. Ось шпинделя при этом не совпадает с осью барабана *22*.



Фиг. 181. Схема передачи на шпиндель (*а*) и его устройство (*б*) (позиции те же, что и на фиг. 180).

Поперечная подача шлифовального круга. На фиг. 181 показано взаимное расположение шпинделя шлифовального круга и барабанов *20* и *22*. Шпиндель *10* помещен эксцентрично в барабан *20*, который в свою очередь также эксцентрично расположен в барабане *22*. Шпиндель и оба барабана вставлены в корпус бабки шлифовального круга.

Для того чтобы изменить радиус окружности, описываемой осью шпинделя, необходимо повернуть барабан *20* на угол по отношению к барабану *22*. Это достигается следующим образом (фиг. 180). На станине *1* укреплена рейка *62* и по ней перекатывается зубчатое колесо *60*, ось которого укреплена в салазках *27*. Колесо *60* силой трения связано с сектором *25*. Величина поворота этого сектора регулируется упорами, и его поворот происходит в начале каждого хода стола. Сектор *25* сцеплен с зубчатым колесом *24*, имеющим кривошипный палец, входящий в прорезь тяги *23*. Наверху тяги *23* укреплена собачка *17*, которая соединяется с храповым колесом. Через храповое колесо, червячную передачу 58, 59, дифференциальную передачу *55*, *56* и *57* (4 конических колеса) движение передается зубчатому колесу *54*, вращающему колесо *14*. Это колесо свободно посажено на барабан *22*. Движение от колеса *54* передается валу *53* и паре зубчатых колес *13* и *52*.

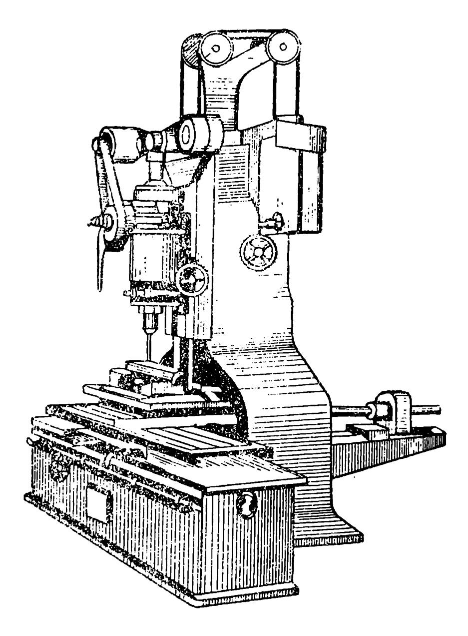
Зубчатое колесо *14* имеет внутреннее зацепление и сцепляется с колесом *12*, сидящим на валу *51*. На другом конце вала *51* находится коническое зубчатое колесо *6*, которое соединяется с коническим колесом *7* На одном валу с зубчатым колесом *6* находится червяк *8*,

передающий движение червячному колесу *9*, сидящему на барабане *20*.

Таким образом, вследствие поворота барабана *20* по отношению к барабану *22* увеличивается радиус, описываемый осью шпинделя, что дает возможность снимать новые слои металла, увеличивая диаметр шлифуемого отверстия. Изменение величины радиуса происходит в начале шлифования, а в течение всего двойного хода установленная глубина резания не изменяется, так как механизм поворота барабана *20* не работает.

Продольная подача шлифовального круга. Подача бабки шлифовального круга, а следовательно, и шпинделя шлифовального круга происходит гидравлическим способом. Цепное колесо *40* (фиг. 180) вращает цепное колесо *37* и насос *36*, засасывающий масло трубопроводом *38* из резервуара *42*. При этом масло, прежде чем попасть в насос, проходит через фильтр *41*.

Далее масло из насоса *36* направляется по трубопроводам *73* и *35* в распределительную коробку *34*, из которой по трубам *32* и *69* идет в цилиндр *29*. Шток *31* цилиндра жестко скреплен с салазками бабки шлифовального круга упором *30*. Масло, поступая справа или слева в цилиндр, перемещает поршень *61* штоком *31* и сообщает возвратно-поступательное движение шлифовальной бабке. Отработанное масло из цилиндра *29* через распределительную коробку *34* и трубопровод *72* сливается в резервуар *42*.



Фиг. 182. Вертикально-шлифовальный с планетарным движением шпинделя.

Величина подачи регулируется в широких пределах.

Вертикальный внутришлифовальный станок с планетарным движением шпинделя. Вертикально-шлифовальный станок с планетарным движением шпинделя (фиг. 182) относится к группе универсальных шлифовальных станков. На этом станке можно производить следующие работы:

а) шлифование внутренних отверстий (фиг. 183, *а*);
б) наружное круглое шлифование цапф (фиг. 183, *б*);
в) плоское шлифование (фиг. 183, *в*);
г) шлифование по дуге окружности (фиг. 183, *г*).

Для выполнения указанных работ в станке осуществляются следующие движения:

а) вращение шпинделя шлифовального круга вокруг своей оси;

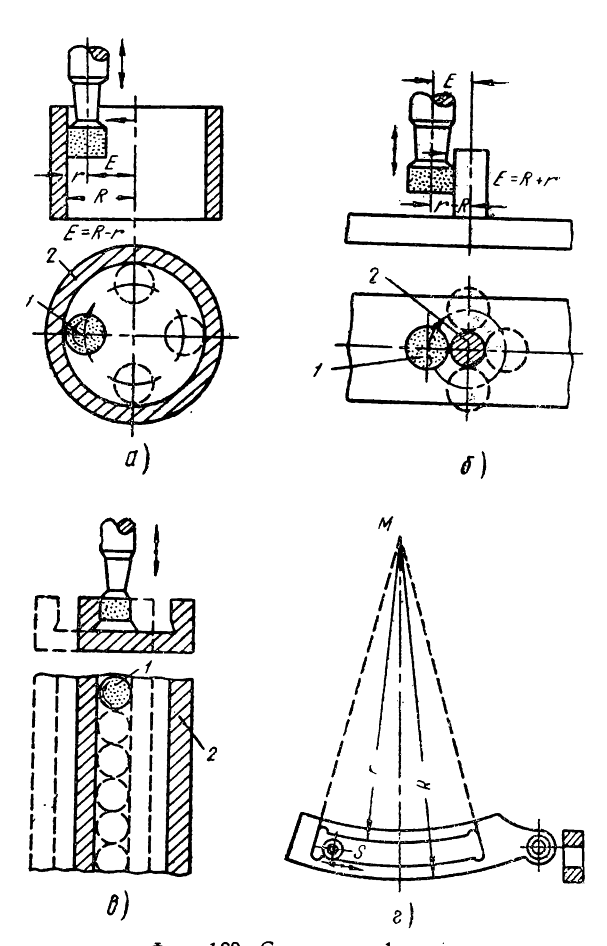
б) вращение оси шлифовального круга по окружности;

в) возвратно-поступательное перемещение бабки шлифовального круга в вертикальной плоскости;

г) возвратно-поступательное перемещение стола вместе с закрепленной деталью в продольном направлении;

д) поперечное установочное движение стола;

е) изменение радиуса вращения оси шлифовального круга (поперечная подача).



Фиг. 183. Схема шлифования:

а — внутреннего: *1* — шлифовальный круг; *2* — деталь; *б* — наружного круглого: *1* — шлифовальный круг; *2* — цапфа; *в* — плоского: *1* — шлифовальный круг; *2* — деталь; *г* — по дуге окружности.

§ 8. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК ТИПА 313

Универсальный круглошлифовальный станок типа 313 (фиг. 184) позволяет производить шлифование наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также шлифование торцов.

Шлифование конических поверхностей может производиться путем: а) поворота стола; б) поворота передней бабки и г) поворота бабки шлифовального круга.

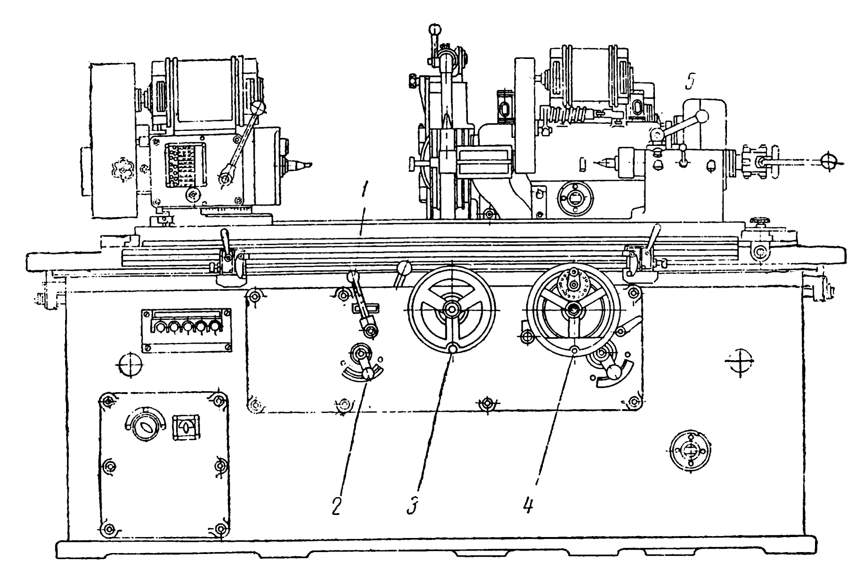
Наибольший диаметр шлифования на этом станке равен 250 *мм*, а длина шлифования — 750 *мм*.

Гидравлическая система этого станка во многом сходна с ранее разобранным простым круглошлифовальным станком. Эта гидравлическая система обеспечивает:

а) скорость возвратно-поступательного перемещения стола в пределах от 0,4 до 10 *м/мин*;

б) среднюю скорость ускоренного подвода и отвода бабки шлифовального круга — 2 *м/мин*.

Передняя бабка станка, верхняя часть его стола и бабка шлифовального круга имеют градусные деления для установки их под заданным углом в случае шлифования конических поверхностей.



Фиг. 184. Универсальный круглошлифовальный станок типа 313 Харьковского станкозавода:

1 — пуск и остановка стола; *2* — регулировка скорости стола; *3* — ручное перемещение стола; *4* — подача шлифовального круга; *5* — поворотная шлифовальная бабка.

§ 9. ИСПЫТАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ НА ТОЧНОСТЬ

Каждая машина должна удовлетворять определенным требованиям в отношении точности работы. Эти требования излагаются в технических условиях на изготовление деталей, сборку узлов и машины в целом.

Точность обработки деталей зависит от следующих основных условий: а) точности изготовления и состояния станка; б) точности приспособлений; в) качества режущего инструмента; г) точности измерительного инструмента и выбранного метода измерения; д) порядка и режима обработки, т. е. технологического процесса, и е) квалификации исполнителя (рабочего).

Точность работы станка в значительной мере влияет на точность обработки детали, при этом точность станка должна быть выше точности изготовляемой на нем детали.

Испытания станков бывают статические и динамические.

Статические испытания на точность производятся в нерабочем (спокойном) состоянии станка.

При статических испытаниях проверка частей станка производится относительно станины. При статических испытаниях проверяются: а) горизонтальность или вертикальность станин, стоек, плит, столов

и т. п.; б) прямолинейность направляющих и столов; в) положение и вращение шпинделей и валов; г) параллельность или перпендикулярность осей валов; д) прямолинейность перемещений по направляющим; е) погрешность ходовых винтов; ж) погрешность делительных устройств.

Динамические испытания на точность производятся на работающем станке. При динамических испытаниях проверяется точность работы станка по обработанной детали.

Динамические испытания имеют большое значение, так как ими определяются степень балансировки (уравновешенности) деталей вращения, жесткость стыков и их узлов, качество исполнения зубчатых колес, дефекты в конструкции привода и другие данные, которые при статических испытаниях не могут быть обнаружены. Нормы точности и величины допускаемых отклонений зависят от типа, назначения и размера станка.

§ 10. ИНСТРУМЕНТ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ

Для статических испытаний станков применяют точные и чувствительные инструменты и приборы.

К измерительным инструментам и приборам, применяемым при испытании станков на точность, относятся: проверочная линейка, простая и лекальная, контрольные линейки, угольники, щупы, концевые меры длины, микрометры, консольные оправки, цилиндрические центровые оправки, индикаторы, уровни, оптические приборы и другие измерительные и проверочные инструменты.

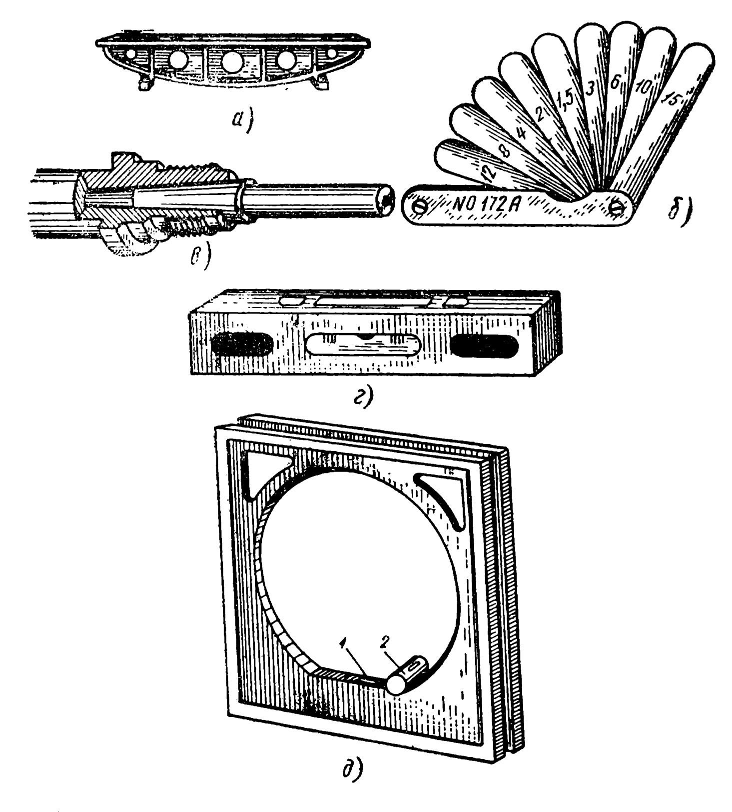
Проверочная линейка (фиг. 185, *а*) применяется для проверки прямолинейности направляющих плоскостей. Линейка чугунная, точно обработанная, шириной 40—130 *мм*, длиной 500—5000 *мм*. Простая контрольная линейка применяется для проверки прямолинейности направляющих, столов, плит и т. п. Линейка стальная узкая, длиной от 0,5 до 3 *м*.

Щуп (фиг. 185, *б*) применяется для определения величины зазоров между прилегающими поверхностями, а также для проверки отклонений правильной плоскости при контроле ее линейкой. Щуп состоит из набора от 7 до 20 стальных пластинок толщиной от 0,05 до 2 *мм*. Для испытания станков употребляются наборы из 7 пластинок толщиной от 0,05 до 0,5 *мм*. С тонкими пластинками щупа необходимо обращаться бережно и сохранять их от повреждений.

Консольная оправка (фиг. 185, *в*) применяется для проверки положения оси шпинделя и конусной расточки в нем. Она представляет собой точно обработанный цилиндрический стержень с коническим концом. Цилиндрическая часть оправки имеет диаметр 25—50 *мм* и длину 100—300 *мм*. Коническая часть оправки пригоняется плотно по отверстию шпинделя станка.

Цилиндрическая оправка представляет собой точно шлифованный цилиндрический валик с центровыми отверстиями и служит для проверки параллельности между линией центров и направляющими

станины. Оправки делают стальными, термически обработанными, диаметром до 125 *мм* и длиной до 2000 *мм*. Во избежание большого прогиба длинные оправки делаются пустотелыми с пробками для центров, вставленными в их концы. При изготовлении оправок овальность их цилиндрической поверхности допускается не более 0,005 *мм*, а для особо точных станков — не более 0,003 *мм*.



Фиг 185. Инструмент и приспособления для проверки станка на точность:

а — проверочная линейка; *б* — щуп; *в* — консольная оправка; *г* — обыкновенный уровень; *д* — рамный уровень.

Уровни служат для проверки правильности горизонтальной или вертикальной установки станка, прямолинейности направляющих и столов, взаимного расположения станин и стоек.

Уровни бывают обыкновенные, регулируемые и рамные. В этих уровнях имеется цилиндрическая, немного изогнутая стеклянная трубка, наполненная спиртом с пузырьком воздуха, называемая ампулой. На внешней поверхности ампулы нанесены деления через 2—3 *мм*. Трубка заключена в корпус в виде стального или чугунного бруска с тщательно обработанной нижней поверхностью, имеющей угловую канавку для удобства установки уровня на цилиндрическую по-

верхность. При отклонении корпуса от горизонтального положения пузырек воздуха перемещается по ампуле в сторону подъема, стремясь занять высшее положение. По количеству делений, на которые смещается пузырек, судят о величине уклона. Обычно при испытаниях станков применяют уровни с чувствительностью в 0,02—0,05 *мм* на 1 *м*. Это означает, что наклон уровня до 0,03 *мм* на 1 *м* длины должен дать отклонение пузырька на одно деление.

Уровни — очень чувствительные приборы, требующие осторожного обращения. Длина подошвы уровня должна быть не менее 200—300 *мм*. Обычно уровни с призматическими угловыми канавками снабжаются дополнительными поперечными ампулами для проверки поперечной установки на круглых деталях.

Обыкновенный уровень (фиг. 185, *г*) представляет собой чугунный или стальной брусок, на котором помещаются две взаимно-перпендикулярно расположенные ампулы. Уровень устанавливают на проверяемую поверхность для определения ее горизонтальности.

Регулируемый уровень отличается от обыкновенного тем, что наклон ампулы можно регулировать посредством микрометрического винта, позволяющего устанавливать пузырек в среднее положение. Отклонение от горизонтальности определяется величиной подъема или опускания микрометрического винта.

Рамный уровень (фиг. 185, *д*) представляет собой квадратную (300 × 300 *мм*) чугунную рамку, наружные стороны которой тщательно обработаны, причем три стороны имеют призматические выемки, а четвертая — плоская. Внутри рамки, на одной из сторон, расположены две взаимно перпендикулярные ампулы *1* и *2*. Рамный уровень применяется для проверки горизонтальности, вертикальности и взаимного расположения плоскостей и валов.

§ 11. ИСПЫТАНИЕ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ

Для примера рассмотрим процесс испытания круглошлифовального станка на точность, в соответствии с существующими нормами точности и методами испытаний по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}\ \frac{8517}{2150}$.

Прежде всего проверяется горизонтальность направляющих станины в продольном и поперечном направлении. Для этого уровень сначала устанавливается поочередно на каждую направляющую призму и перемещается по ее длине. Этот способ проверки дает возможность одновременно определить наличие износа направляющих станины. Отклонение от горизонтальности допускается в пределах от 0 до 0,02 *мм* на длине 1000 *мм*.

Горизонтальность направляющих станины в поперечном направлении проверяется тоже уровнем, но в данном случае уровень устанавливается на специальную линейку, положенную поперек станины. Линейка с уровнем медленно передвигается вдоль станины. Отклонение от горизонтальности в поперечном направлении допускается 0,05 *мм* на длине 1000 *мм*.

Прямолинейность направляющих станины проверяется при помо-

щи линейки. Линейка накладывается на направляющие (поочередно — сначала на одну, потом на другую), а щупом измеряется просвет между линейкой и плоскостью направляющей. Направляющие станины должны быть прямолинейными и ни в коем случае не вогнутыми.

Для проверки правильности положения оси шпинделя передней бабки и его конического отверстия пользуются консольной оправкой. Сначала коническая часть отверстия хорошо прочищается и в нее плотно вставляется соответствующий конец оправки. Свободный конец этой оправки индикатором проверяется на биение. Для этого измерительный штифт индикатора подводится к оправке, а проверяемый шпиндель начинают медленно вращать. О величине биения судят по отклонениям стрелки индикатора, которое должно быть не более 0,01 *мм* при длине оправки 300 *мм*.

Параллельность оси шпинделя к плоскости стола проверяется также при помощи индикатора, измерительный штифт которого к оправке подводится сверху. Перемещая индикатор вдоль оправки, определяют величину непараллельности. Отклонение от параллельности не должно быть более 0,02 *мм* на длине 300 *мм* и допускается только в сторону повышения свободного конца оправки.

Таким же способом проверяется параллельность оси шпинделя передней бабки к направляющим станины в горизонтальной плоскости. Измерительный штифт индикатора в этом случае подводится к оправке сбоку, со стороны шлифовального круга. Величина отклонения допускается до 0,02 *мм* на длине 300 *мм*, с уклоном только в сторону шлифовального круга. Оси шпинделя шлифовального круга и шпинделя передней бабки должны быть на одной высоте. Проверка производится при помощи индикатора или уровня и двух оправок одного и того же диаметра, одна из которых вставляется в коническое отверстие шпинделя шлифовального круга, а вторая — в соответствующее отверстие шпинделя передней бабки.

Проверка перпендикулярности перемещения супорта шлифовального круга к направляющим станины производится при помощи контрольной оправки, угольника и индикатора. Оправка закрепляется между центрами передней и задней бабки. К ней со стороны шлифовального круга прикладывается контрольный угольник. Индикатор закрепляется на шпинделе шлифовального круга, причем его измерительный штифт должен соприкасаться с ребром контрольного угольника. При подаче бабки шлифовального круга в сторону оправки стрелка индикатора зафиксирует отклонения.

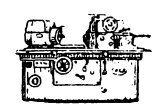
Полное испытание станка на точность содержит много различных видов проверок, но все они производятся примерно такими же способами и с применением тех же или аналогичных им приспособлений.

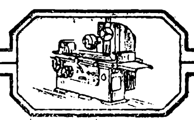
§ 12. ПОНЯТИЕ О ПАСПОРТЕ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Документом, который содержит все необходимые сведения о станке, служит паспорт станка. Каждый шлифовщик должен знать устройство своего станка, чтобы уметь управлять отдельными его механизмами. Только при этом условии возможно правильное и полное

использование станка. Для правильного и рационального использования станка необходимо иметь ряд сведений о допустимых размерах обрабатываемых деталей, о приспособлениях, имеющихся у данного станка, какая обеспечивается точность изготовляемой детали, о кинематике и динамике станка, т. е. о скоростях и силах, действующих при работе в станке. Эти сведения помещаются в паспорте станка.

Паспорт станка нужен также технологу при составлении технологических процессов обработки деталей и механику цеха при ремонте станка.





ГЛАВА XV

ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Плоскошлифовальные станки по принципу работы подразделяются на: 1) станки для периферийного шлифования; 2) станки для торцового шлифования. По форме стола и характеру его движения они делятся на станки: 1) с прямолинейно-возвратным движением стола; 2) с вращающимся движением стола.

Внутри этих групп плоскошлифовальные станки имеют различные типы и размеры.

§ 2. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 372

На фиг. 186 показан общий вид этого плоскошлифовального станка, на фиг. 187 приведена его кинематическая схема, а в табл. 20 дана его техническая характеристика.

Таблица 20

Техническая характеристика плоскошлифовального станка модели 372

Наименование	Размеры
Наибольшие размеры деталей, шлифуемых на поверхности основного стола в *мм*:	
длина	750
ширина	300
высота	400
Стол	
Рабочая поверхность в *мм*:	
длина	750
ширина	300
Гидравлическое перемещение стола в *мм/мин*:	
наибольшее	850
наименьшее	200
Бабки шлифовального круга	
Наибольшее перемещение бабки в *мм*:	
поперечное: гидравлически	350
от руки	380
вертикальное (от руки)	450

Таблица 20 (окончание)

Наименование	Размеры
Число оборотов шпинделя шлифовального круга в об/мин.	1440
Мощность на шпинделе в *квт*	4,0
Наименьшая и наибольшая скорость перемещения стола (гидравлически) в *м/мин*	1,0—30,0
Подача бабки шлифовального круга	
Продольная прерывистая на 1 ход стола в *мм*:	
наименьшая	3,0
наибольшая	30,0
Продольная непрерывная в *мм/мин*:	
наименьшая	300
наибольшая	4500
Поперечная (от руки) на 1 деление лимба в *мм*	0,005
Привод — электродвигатели трехфазного тока	
Бабки шлифовального круга:	
мощность в *квт*	4,2
число оборотов в об/мин.	1500
Гидравлического насоса:	
мощность в *квт*	2,7
число оборотов в об/мин.	1000
Насоса для охлаждающей жидкости:	
мощность в *квт*	0,1
число оборотов в об/мин.	3000

Главное движение. Шлифовальный круг станка *16* (фиг. 187, *а*) приводится во вращение встроенным в шпиндель электродвигателем, т. е. шпиндель шлифовального круга одновременно является и валом электродвигателя.

Бабка шлифовального круга помещается в специальных направляющих и гидравлически перемещается в направлении оси шлифовального круга.

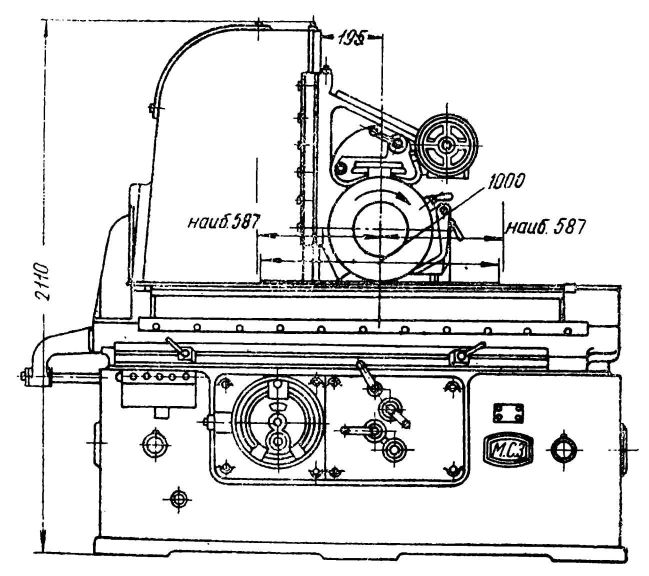
Подача стола. Обрабатываемая деталь устанавливается или непосредственно на столе станка, или же в устанавливаемом на нем магнитном столе. Посредством гидравлического цилиндра *18* стол станка получает возвратно-поступательное перемещение, сообщая подачу обрабатываемой детали на шлифовальный круг.

Гидравлическая система станка обслуживается шестеренчатым насосом *23,* приводимым во вращение отдельным электродвигателем.

Масло засасывается в шестеренчатый насос *23* через фильтр *1* и подается по трубопроводу *22* в пусковой кран *5* подачи стола. Постоянство давления масла на входе удерживается предохранительным клапаном *2.* Масло из крана *5,* пройдя через золотник реверсирования стола, подается по трубопроводу *8* в левую полость цилиндра *18,* перемещая поршень *17* вправо до упора. При этом масло, находящееся в правой полости цилиндра *18,* проходя по трубопроводу *19* через реверсивный золотник стола и кран *20,* регулирующий скорость перемещения стола, направляется по трубопроводу *21* в масля-

ный бак станка. При перемене хода стола закрепленные на нем кулачки *10*, иначе называемые упорами стола, провертывают рычаг *11*. Масло от шестеренчатого насоса *23* по трубопроводу *22* через реверсивный золотник *9* будет направляться в правую полость цилиндра *18* и стол станка пойдет справа налево.

Из левой полости цилиндра *18* масло будет выходить по трубопроводу *8* через золотник реверсирования и кран *20*, а затем по трубопроводу *21* направится в бак станка. Для того чтобы перемещение плунжера золотника было более плавным, он снабжается дросселем *7*.

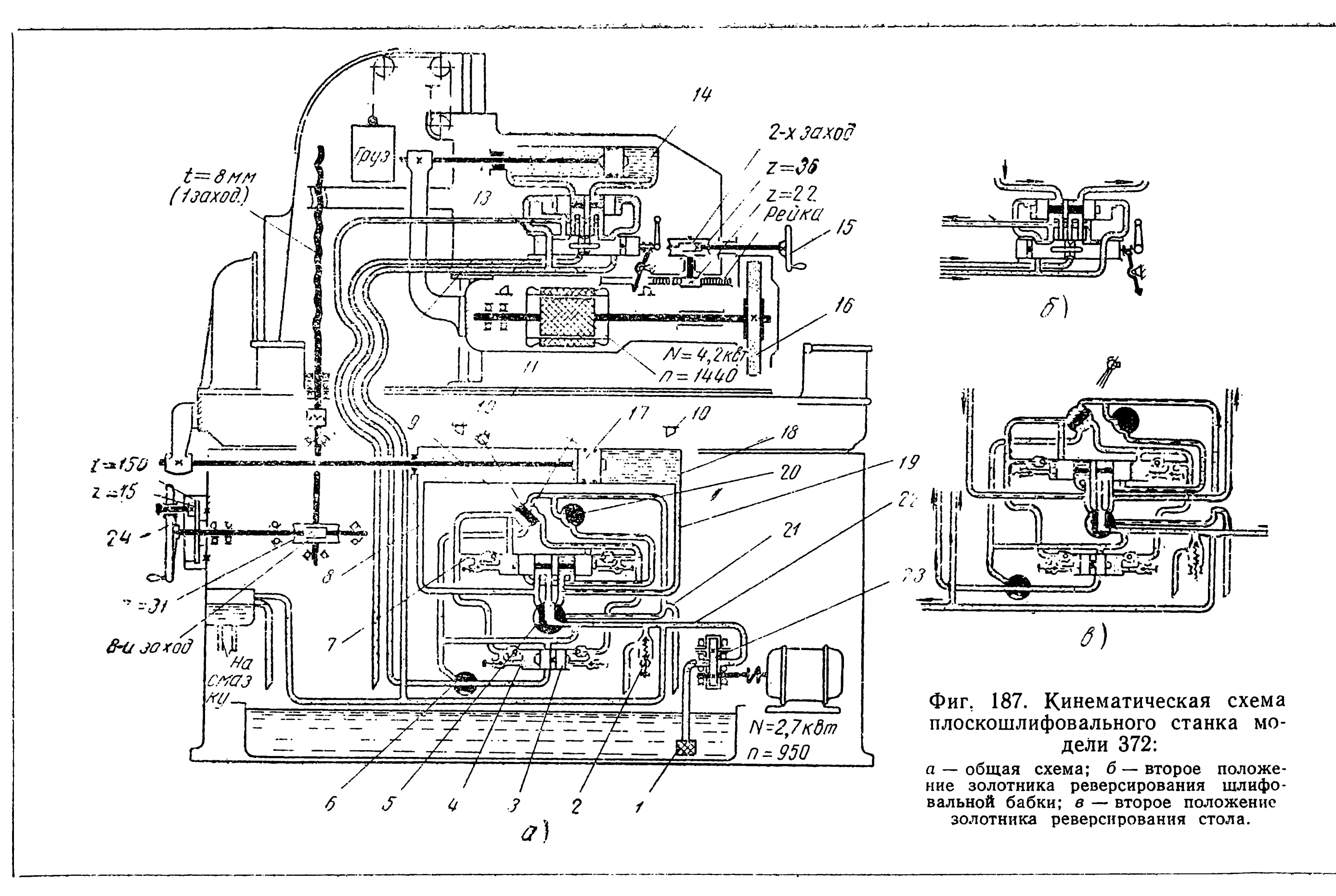


Фиг. 186. Общий вид плоскошлифовального станка модели 372.

Продольное перемещение шлифовального круга. Это перемещение может быть осуществлено как вручную, так и гидравлической системой.

Ручное перемещение круга в продольном направлении осуществляется посредством маховичка *15*. Вращая этот маховичок через червячную передачу, состоящую из двухзаходного червяка и червячного колеса с числом зубьев 36 и реечную передачу с зубчатым колесом в 22 зуба, можно сообщить шлифовальному кругу продольное перемещение.

Перемещение бабки шлифовального круга с помощью гидравлической системы осуществляется от шестеренчатого насоса *23*, золотника *3* и *4*, крана *6* управления продольными подачами шлифовального круга, трубопровода *12*, золотника крана шлифовальной бабки, управляемого плунжером *13*, и цилиндра *14* продольной подачи. Изменение направления этой подачи бабки шлифовального круга осуществляется перемещением плунжера *13* под действием упоров



Фиг. 187. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 372:

а — общая схема; *б* — второе положение золотника реверсирования шлифовальной бабки; *в* — второе положение золотника реверсирования стола.

бабки шлифовального круга и рычажной системы. Плунжер снабжен двумя кольцевыми выточками, через которые масло поступает в правую или левую полости золотника бабки шлифовального круга, а из золотника — в правую или левую полости цилиндра *14*.

На кинематической схеме станка (фиг. 187, *а*) показано первое положение плунжера золотника, которое обеспечивает перемещение бабки слева направо, а справа на той же фигуре, вверху, изображено второе положение плунжера золотника реверсирования шлифовальной бабки, которое обеспечивает перемещение шлифовального круга справа налево (фиг. 187, *б*).

На фиг. 187, *в* показано второе положение золотника реверсирования стола при движении его влево.

Для непрерывного поперечного перемещения бабки шлифовального круга необходимо плунжер *13* повернуть на 90° и тогда масло из насоса *23* через отверстие в плунжере непрерывным потоком будет подаваться к коробке реверсирования шлифовальной бабки, а оттуда в цилиндр бабки, осуществляя непрерывную подачу.

Вертикальное перемещение бабки шлифовального круга на глубину шлифования (поперечная подача) осуществляется вручную от маховичка *24*, через зубчатую и червячную передачи и винтовую передачу с шагом винта 8 *мм*.

§ 3. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК С КРУГЛЫМ ВРАЩАЮЩИМСЯ СТОЛОМ

На фиг. 188 показана кинематическая схема станка с вертикальным расположением шпинделя и круглым столом.

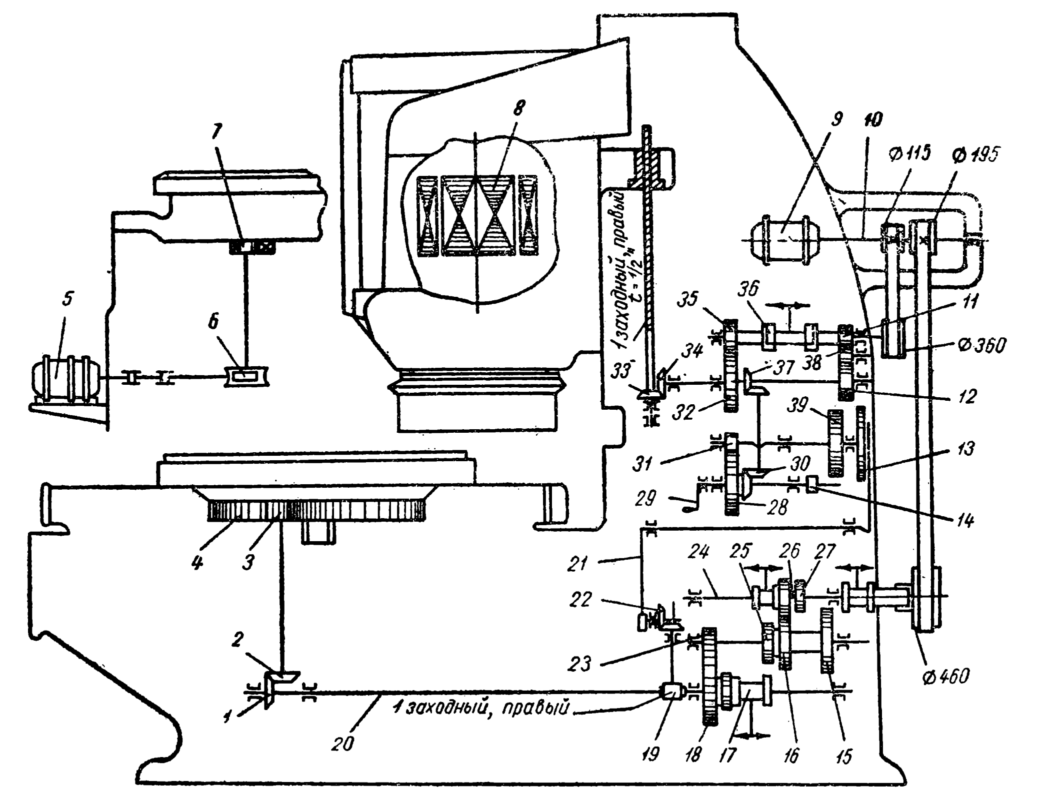
Характеристика станка

Диаметр стола в *мм*	2400
Диаметр сегментного круга в *мм*	1100
Максимальная высота шлифуемых изделий в *мм*	400
Число об/мин. вращения стола	3, 5, 8 и 13
Подача шлифовальной бабки на оборот стола в *мм*	0,0125—0,125
Электродвигатель для вращения шлифовального круга:	
мощность в *л. с.*	60
число оборотов в об/мин.	580
Электродвигатель для вращения стола и ускоренного перемещения шлифовальной бабки:	
мощность в *л. с.*	5
число оборотов в об/мин.	950
Электродвигатель продольного перемещения стола:	
мощность в *л. с.*	3
число оборотов в об/мин.	1350

Как же осуществляются основные движения такого станка?

Вращение шлифовального круга. Электродвигатель *8* встроенного типа приводит во вращение шлифовальный круг.

Вращение магнитного стола. Вращение магнитного стола производится от электродвигателя *9* через вал *10*, ременную передачу и па-



Фиг. 188. Кинематическая схема плоскошлифовального станка с круглым вращающимся столом.

ру шкивов с диаметрами 195 и 460 *мм*, при этом движение передается коробке скоростей. Коробка скоростей дает четыре скорости, получаемые при переключении двух пар подвижных зубчатых колес *26, 27*, соединяющихся с колесами *15, 16, 18* и *17*, сидящих на валу *24*, соединяющихся с колесами *23* и *25*, передается паре конических зубчатых колес *1* и *2* и паре цилиндрических зубчатых колес *3* и *4*. Зубчатое колесо *4*, от которого магнитный стол получает вращение, прикреплено к этому столу.

Поперечная подача. От вала *20* посредством червячной передачи *19* конические зубчатые колеса *22*, кривошипный механизм *21*, связанный с собачкой храповика, храповое колесо *13*, зубчатые колеса *28* и *31* и зубчатые конические колеса *30, 37, 34* и *33* приводят во вращение винт вертикальной подачи с шагом $^1/_2$ дюйма (12,7 *мм*). От винта по вертикальным салазкам бабка шлифовального круга и получает свое поперечное перемещение на глубину шлифования. Возможны также передачи через зубчатые колеса *39* и *14*.

Ускоренное перемещение шлифовальной бабки. От электродвигателя *9* посредством ременной передачи и двух шкивов с диаметрами 115 и 360 *мм* приводится во вращение вал, на котором находится двусторонняя фрикционная муфта *36*, дающая возможность включать зубчатые колеса *11* и *32* или *35, 12* и *38*. В первом случае получают ускоренное перемещение вниз, во втором случае — ускоренное перемещение вверх. Через конические зубчатые колеса *34* и *33* приводится во вращение ходовой винт, от которого бабка шлифовального круга получает ускоренное перемещение.

Для ручного перемещения служит рукоятка *29*.

Продольная подача круглого стола. От электродвигателя *5* через однозаходный червяк и червячное колесо *6* движение передается зубчатому колесу *7*, сцепляющемуся с рейкой стола, перемещая его в продольном направлении.

§ 4. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК ТИПА 3732

Станки типа 3732 представляют собой станки с вертикальным расположением шпинделя и с прямоугольным столом.

Общий вид и кинематическая схема такого станка показаны на фиг. 189 и 190.

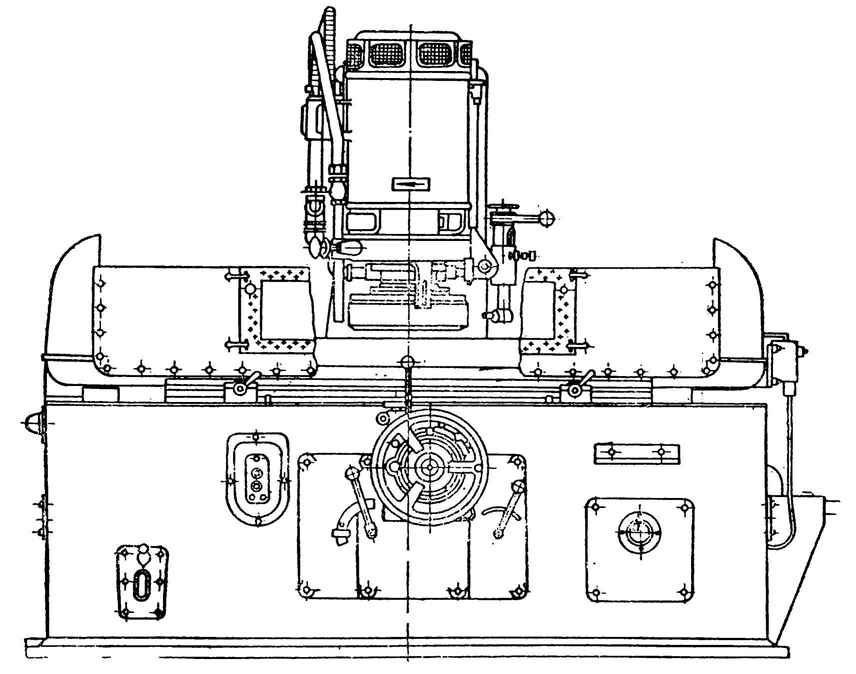
Характеристика станка

Максимальная ширина шлифования в *мм*	300
Максимальная длина шлифования в *мм*	750
Мощность электродвигателя шлифовальной бабки в *квт*	7,5
Максимальная скорость стола в *м/мин*	20
Минимальная поперечная подача (на глубину шлифования) в *мм*	0,005

Главное движение. Вращение шлифовального круга производится от отдельного электродвигателя *10*. Подача детали и периодиче-

ское вертикальное перемещение (поперечная подача) бабки шлифовального круга осуществляется гидравлической системой.

Подача детали. Насосом *1* масло через кран *3* нагнетается в правую или левую полости цилиндра, неподвижно укрепленного в станине станка. Поршень цилиндра своим штоком связан со столом. Скорость продольного перемещения стола регулируется дросселем *2*. Упоры *21*, закрепленные на боковой стороне стола, посредством рычага *9* повертывают кран *8*. Кран *8* повертывает однолопастной гидравлический ротационный двигатель *5* и масло под давлением на-



Фиг 189. Общий вид плоскошлифовального станка модели 3732.

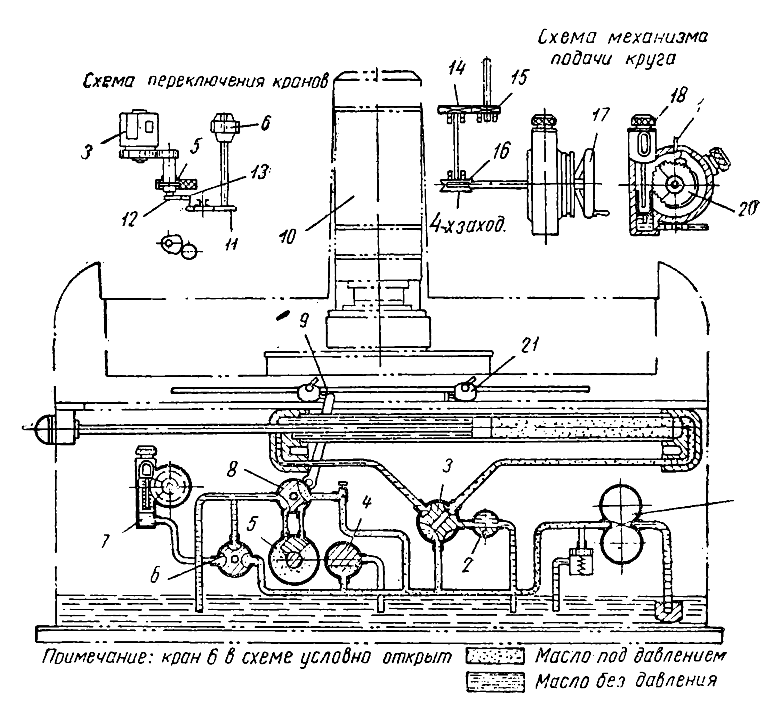
правляется с левой или правой стороны лопасти этого двигателя. На оси двигателя *5* расположены кулачок *12* и зубчатое колесо, повертывающее кран *3*, вследствие чего и происходит изменение направления движения стола.

Подача бабки шлифовального круга на глубину шлифования. Одновременно с поворотом крана *3* кулачок *12* с помощью связанного с сектором ролика *13* повертывает кран *6* зубчатым колесом *11*. Кран *6* служит для осуществления поперечной подачи. При изменении направления хода стола масло под давлением поступает через кран *6* в цилиндр *7* и перемещает поршень с рейкой. Рейка находится в зацеплении с сектором, несущим собачку храпового колеса *20* механизма поперечной подачи. От храпового колеса *20* движение через четырехзаходный червяк, червячную шестерню *16*, зубчатые колеса *14* и *15* передается винту подачи.

Величина автоматической поперечной подачи устанавливается винтом *18*, ограничивающим ход поршня. Для точной ручной подачи на один зуб храпового колеса имеется кнопка *4*. Подъем и опускание шлифовальной бабки вручную производится маховиком *17*.

Для крепления шлифуемых деталей в процессе шлифования станок снабжается магнитным столом.

Бабка шлифовального круга. Вал шпинделя шлифовального круга (фиг. 191) является одновременно и валом электродвигателя. Нижний конец вала поддерживается коническим роликовым подшипником, а верхний — радиальным шарикоподшипником.

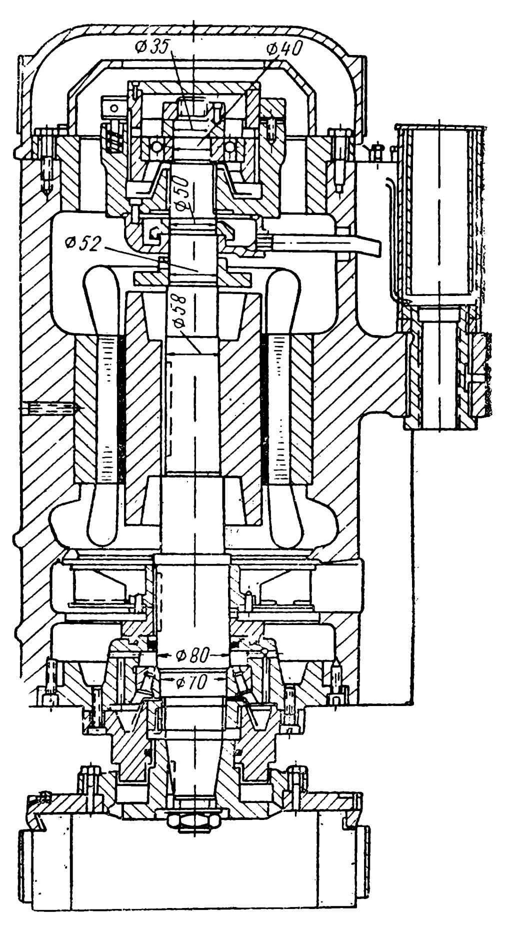


Фиг. 190. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 3732.

Необходимая точность обработки на шлифовальном станке может быть достигнута лишь в том случае, если сам станок имеет высокую точность. Поэтому каждый плоскошлифовальный станок после его изготовления или капитального ремонта подвергается тщательной проверке. Проверяется горизонтальность станины, прямолинейность ее направляющих, прямолинейность хода стола, горизонтальность верхней плоскости стола, параллельность пазов стола к его призматическим направляющим, правильность положения оси шпинделя шлифовального круга, а также движения супорта в горизонтальном и вертикальном направлении.

При проверке плоскошлифовальных и других шлифовальных станков применяются рамные уровни, индикаторы, проверочные линейки и контрольные угольники.

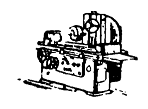
Однако проверка плоскошлифовальных станков имеет свои особенности. Совершенно необходимо, чтобы верхняя плоскость стола не имела уклонов ни в продольном, ни в поперечном направлении. Наличие и величина продольного уклона проверяется уровнем и индикатором от бабки шлифовального круга. Перпендикулярность боковых стоек к столу станка проверяется рамным уровнем, а параллельность супорта к столу станка и салазкам бабки шлифовального круга индикатором, закрепленным на этой бабке.

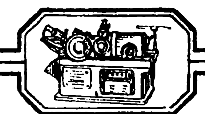


Фиг. 191. Шпиндельная бабка шлифовального круга плоскошлифовального станка модели 3732.

Параллельность оси шпинделя шлифовального круга к столу проверяется индикатором, закрепленным на шпинделе. Кнопка индикатора соприкасается с ребром контрольного угольника, установленного на столе станка. При повороте шпинделя на половину оборота (на 180°) кнопка индикатора покажет величину отклонения, если оно имеется.

Подобным же способом в станках для шлифования плоскостей торцом круга проверяется перпендикулярность шпинделя к плоскости стола. В этом случае кнопка индикатора приводится в соприкосновение не с ребром угольника, а непосредственно с поверхностью стола.



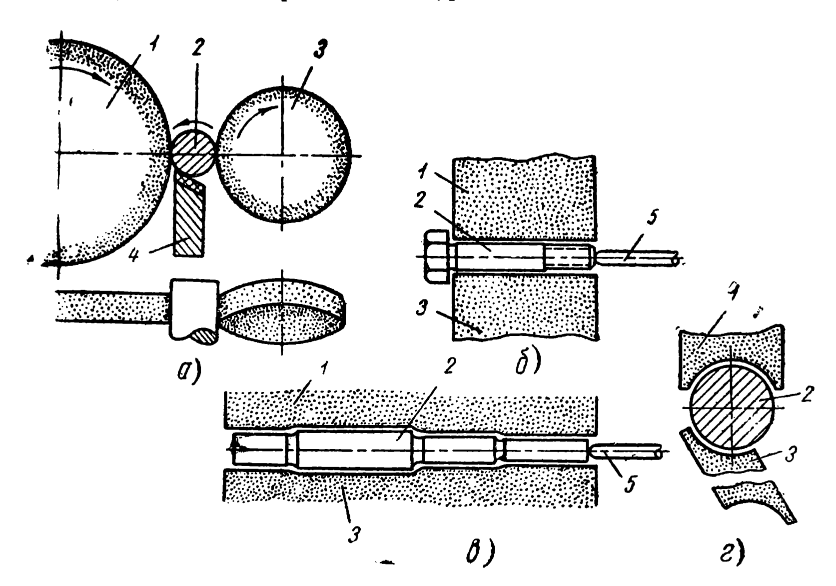


ГЛАВА XVI

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ПРИНЦИП БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Бесцентровое шлифование — это разновидность круглого шлифования. Сущность бесцентрового шлифования наружных поверхностей состоит в том, что деталь помещается между двумя кругами, из которых один — рабочий — производит процесс резания, а другой — вспомогательный (ведущий) — осуществляет вращение детали и ее продольное перемещение (фиг. 192).



Фиг. 192. Схема обработки детали на бесцентровом шлифовальном станке способом сквозного прохода (*а*) и способом врезания (*б, в, г*):
1 — шлифовальный круг; *2* — изделие; *3* — ведущий круг; *4* — поддерживающий нож; *5* — упор и выбрасыватель.

Рабочий и ведущий круги вращаются с различными скоростями, причем скорость рабочего круга примерно в 75—80 раз больше, чем ведущего. Поэтому трение между деталью и ведущим кругом будет

больше, чем трение между деталью и рабочим кругом. Так как деталь получает вращение от ведущего круга, то и ее скорость по величине будет равна окружной скорости ведущего круга. Вращение детали и вращение ведущего круга по направлению будут противоположными.

Для перемещения детали вдоль оси, т. е. для сообщения ей продольной подачи, ведущий круг устанавливается под небольшим углом (1—6°) по отношению к шлифовальному кругу, благодаря чему он и выполняет роль подающего механизма при шлифовании. Деталь при этом опирается на нож.

Существует два способа бесцентрового шлифования наружных поверхностей: способ сквозного прохода и способ врезания. Первым способом (фиг. 192, *а*) шлифуются обычно гладкие детали без выступов, при непрерывной подаче их между кругами. При втором способе детали устанавливаются между кругами так, чтобы шлифование производилось сразу по всей их длине (фиг. 192, *б*). Второй способ дает возможность шлифовать детали, имеющие по длине разные диаметры (фиг. 192, *в*), а также фасонные детали (фиг. 192, *г*).

Станок для бесцентрового шлифования состоит из бабки шлифовального круга со шпинделем, бабки ведущего круга, станины, на которой монтируются обе бабки, стойки с ножом для поддержания обрабатываемой детали, приспособлений для правки шлифовального и ведущего кругов.

§ 2. БЕСЦЕНТРОВЫЙ ШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3180

На фиг. 193 показан общий вид бесцентрового шлифовального станка модели 3180 Московского завода внутришлифовальных станков.

Станок служит для наружного шлифования деталей с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями в условиях серийного и массового производства. Техническая характеристика этого станка приведена в табл. 21.

Кинематическая схема бесцентрово-шлифовального станка модели 3180 приведена на фиг. 194.

Главное движение. Вращение шпинделя шлифовального круга *8* осуществляется от электродвигателя *11* (фиг. 194) посредством клиноременной передачи, имеющей шкивы *12* и *13*.

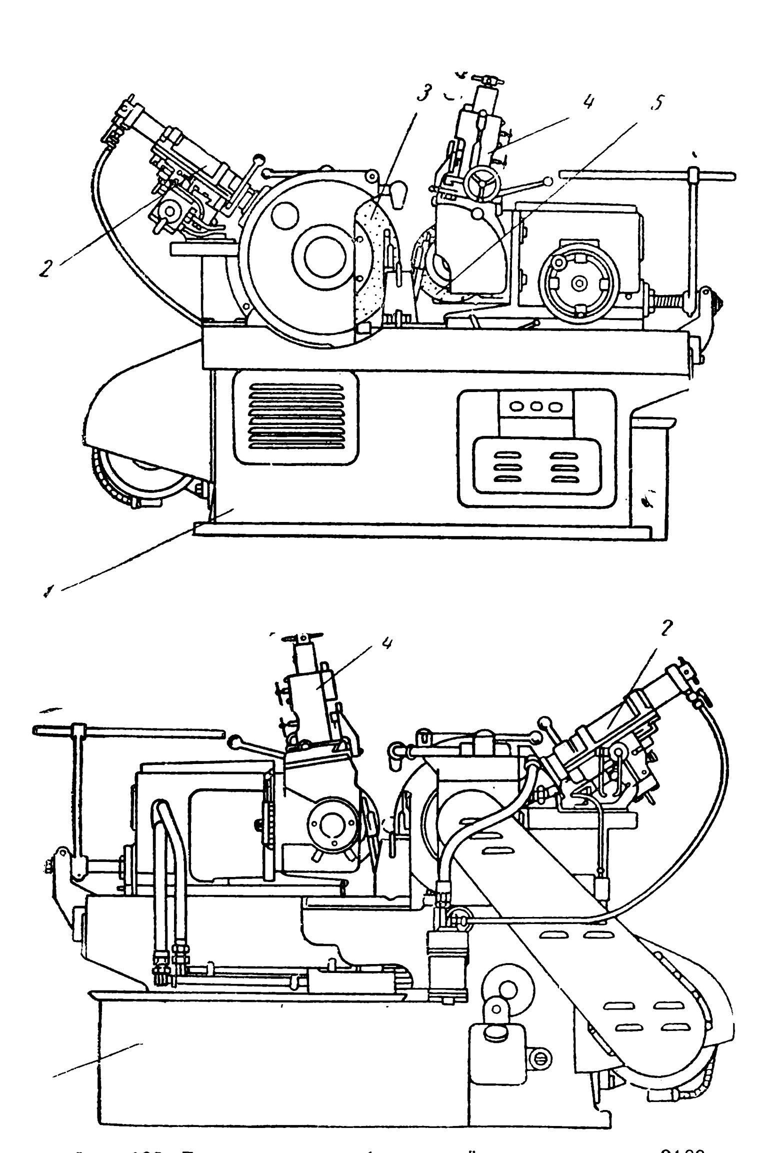
Привод вращения ведущего круга. Вращение ведущего круга может быть осуществлено посредством механического или гидравлического привода.

Станки с механическим приводом ведущего круга. Вращение на ведущий круг передается от электродвигателя *15* посредством цепной передачи *16* и *17*, через сменные шестерни *20* и *21* и червячную передачу *18—19*. Сменные зубчатые колеса дают возможность получить 8 ступеней чисел оборотов ведущего круга: от 13 до 94 об/мин. чисел оборотов.

Таблица 21

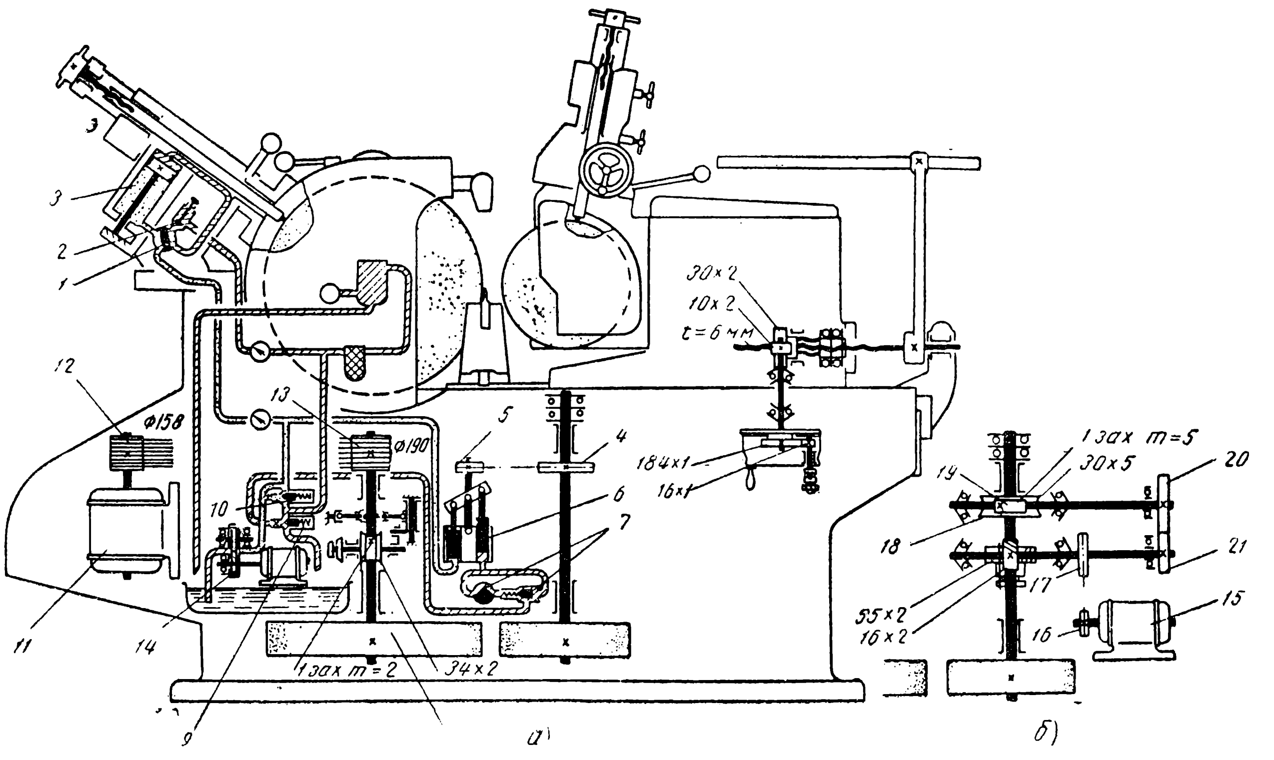
Техническая характеристика универсального бесцентрового шлифовального станка, модель 3180

Наименование	Величина	Примечание
Наибольший диаметр шлифования в *мм*	75	
Наименьший диаметр шлифования в *мм*	5	
Наибольшая длина шлифования в нормальном приспособлении в *мм*	180	
Шлифовальный круг:		
число оборотов в об/мин.	1200	
окружная скорость в *м/сек*	31—24,5	
наибольший диаметр в *мм*	500	
наименьший диаметр в *мм*	390	
диаметр отверстия в *мм*	305	
высота в *мм*	150	
Ведущий круг:		
число оборотов в об/мин.	25—225	При установке гидромотора
число оборотов в об/мин.	13—16 22,29 40,53 73,94 и 300	При механическом приводе
наибольший диаметр в *мм*	300	
наименьший диаметр в *мм*	260	
диаметр отверстия в *мм*	127	
высота в *мм*	150	
угол установки в град.	0—6	
поперечная подача на 1 оборот маховика в *мм*	0,5	
поперечная подача при повороте маховика на 1 деление лимба в *мм*	0,005	
ускоренная поперечная подача при врезном шлифовании в *мм*	1,5	
Мощность электродвигателей		
шлифовального круга в *квт*	13	По особому заказу при высоте круга 200 *мм* 17 *квт.*
масляного насоса в *квт*	1,8	При установке гидромотора
масляного насоса в *квт*	0,85	При механическом приводе ведущего круга
ведущего круга	0,65	То же
насоса охлаждения	0,25	
Производительность:		
масляного насоса в *л/мин*	50	При установке гидромотора
масляного насоса в *л/мин*	25	При механическом приводе
насоса охлаждения в *л/мин*	40	
Давление масла в гидросистеме:		
высокое в *л/мин*	12—14	При установке гидромотора
высокое в *л/мин*	5—8	При механическом приводе
низкое в *л/мин*	1,5	



Фиг. 193. Бесцентрово-шлифовальный станок модели 3180:

1 — станина; 2 — правящее приспособление шлифовального круга; 3 — бабка шлифовального круга; 4 — устройство для правки ведущего круга; 5 — ведущий круг.



Фиг. 194. Кинематическая схема бесцентрово-шлифовального станка модели 3180:
а — с гидравлическим приводом ведущего круга; *б* — с механическим приводом.

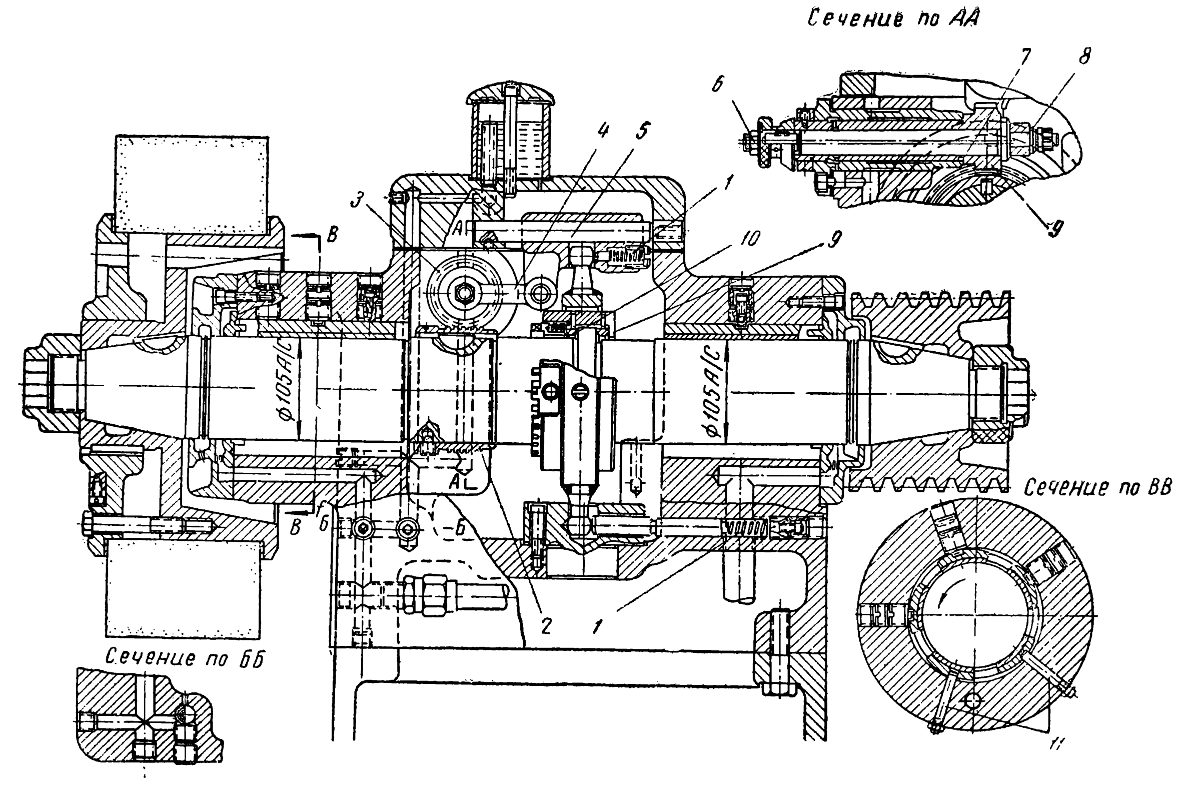
Передача через винтовые зубчатые колеса с числом зубьев 16 и 55 дает ведущему кругу необходимое число оборотов при правке его (300 об/мин.).

Станки с гидравлическим приводом ведущего круга. При гидравлическом приводе вращение от звездочки *5* гидромотора *6* передается бесшумной цепью на звездочку *4*, сидящую на шпинделе ведущего круга. Бесступенчатое регулирование числа оборотов гидромотора *6* дает возможность получить любое число оборотов ведущего круга от 25 до 225 об/мин. Изменение числа оборотов гидромотора производится дросселем *7*, перекрывающим выход масла из него. Питание гидромотора маслом, приводящим в движение устройство для правки шлифовального круга и осуществляющим принудительную смазку подшипников шлифовального круга, приводится шестеренчатым насосом *14*. Этот насос снабжен клапанами высокого *10* и низкого *9* давления. Устройство для правки имеет цилиндр *3*, реверсивный кран *1* и регулятор давления *2*.

Бабки шлифовального круга. Шпиндель шлифовального круга (фиг. 195) установлен на двух подшипниках скольжения специальной конструкции. Эти подшипники имеют по пяти одинаковых вкладышей в виде отдельных сегментов, облегающих шпиндель. Два неподвижных нижних вкладыша от осевого смещения закреплены шпильками *11*. Другие три вкладыша поджимаются каждый тремя винтами. Регулировка вкладышей производится на заводе-изготовителе и рассчитана на длительное время. При замене изношенных вкладышей на новые регулировку их следует производить очень внимательно и аккуратно.

Оправка шлифовального круга и шкив клиноременной передачи сидят на конических поверхностях шпинделя, обеспечивающих их хорошее крепление и легкое снятие. Левая резьба, имеющаяся на обоих концах шпинделя, предохраняет закрепляющие круг и шкив гайки от самоотвинчивания.

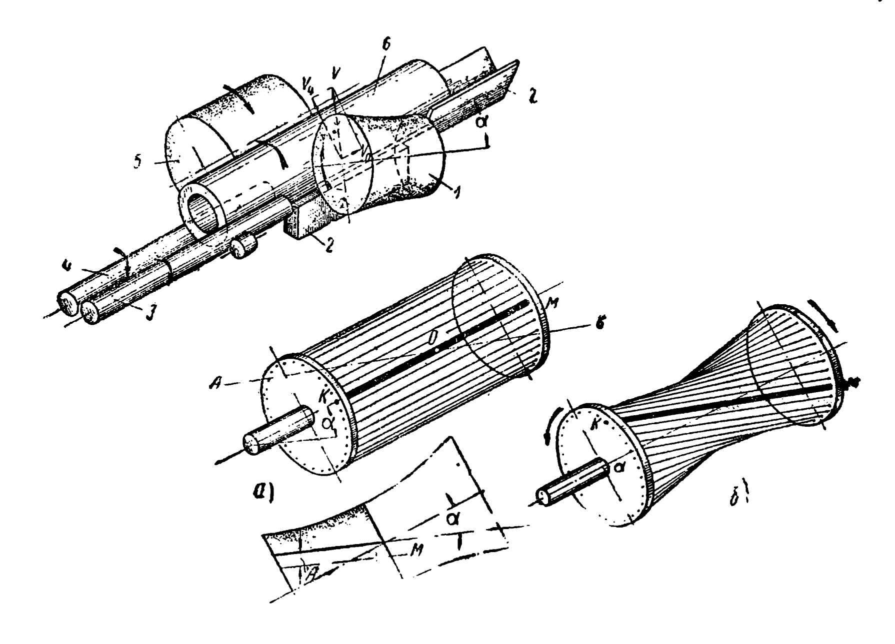
Станки, снабженные механизмом колебательного движения шлифовального круга, получают это движение от шпинделя шлифовального круга, на котором закрепляется червяк *2*, работающий в паре с червячным колесом *3*. В этом червячном колесе отверстие расположено эксцентрично и через него проходит валик *7*, имеющий на своем конце эксцентрично проточенную шейку *8*. На противоположном конце валика с помощью рукоятки устанавливается необходимый эксцентриситет оси шейки валика относительно оси вращения червячного колеса. Установив величину хода шпинделя, валик жестко закрепляется с колесом посредством гайки *6*. Шатун *4* связывает шейку валика *8* с ползуном *5*, скользящим по двум цилиндрическим направляющим. В ползун заходит шаровая головка хомута, имеющего вторую шаровую головку, шарнирно связанную с корпусом бабки. С целью устранения люфта в местах крепления шаровых головок хомута они поджимаются сухариками с помощью пружин *1*. Хомут охватывает шпиндель за буртик и посредством двух бронзовых колец *10*, установленных во втулке *9* по обе стороны буртика, передает колебательное движение ползуна на шпиндель. Число ко-



Фиг. 195. Шлифовальная бабка бесцентрово-шлифовального станка модели 3180.

лебаний шпинделя в минуту равно 35. Величина хода шпинделя при колебательном движении может изменяться от 0 до 7 *мм*.

Форма ведущего круга. Нормальное шлифование будет тогда, когда круг с деталью соприкасается не частично, а полностью по всей образующей (фиг. 196, *а*). Какова же должна быть при этом форма ведущего круга? Допустим, что между дисками (фиг. 196, *а*)



Фиг. 196. Образование формы ведущего круга (*а*, *б*) и действительная форма абразивного ведущего круга (*в*):

1 — ведущий круг; 2 — поддерживающий нож; 3, 4 — загрузочные валики; 5 — шлифовальный круг; 6 — шлифуемая деталь; 7 — выходные направляющие планки.

натянуты нити. Примем эту модель за ведущий круг, а линию *AB* — за образующую обрабатываемой поверхности. Ведущий круг и обрабатываемая поверхность расположены под углом α. Повернем диски в направлении стрелок (фиг. 196, *б*). Прямая *KM* займет новое положение. Образовавшаяся поверхность будет гиперболоид вращения. По этой кривой должен быть заправлен ведущий круг. На фиг. 196, *в* показана часть круга, имеющего форму гиперболоида.

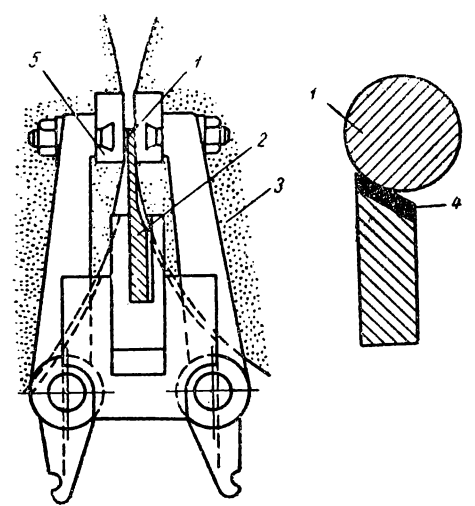
§ 3. РАБОТА НА БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Для бесцентрового наружного шлифования в качестве рабочих кругов применяются круги формы ПП ГОСТ 2424—52 диаметром от 250 до 600 *мм* и высотой от 40 до 200 *мм*, а для ведущих кругов — диаметром от 200 до 350 *мм* и высотой от 40 до 200 *мм*.

Рабочие круги изготовляются на керамической и вулканитовой связках, а ведущие круги — на вулканитовой или бакелитовой связке.

Шлифование коротких валов. К числу коротких валов следует отнести валы длиной до 300 *мм*. Такие валы шлифуются, главным образом, сквозным методом за несколько черновых и чистовых проходов.

Для поддержания детали *1* при сквозном шлифовании применяется приспособление с ножом *2* (фиг. 197). Нож имеет скошенную верхнюю поверхность. Для предохранения опорной поверхности от истирания верхнюю часть ножа делают из термически обработанных высококачественных сталей.



Фиг. 197. Приспособление для поддержания детали.

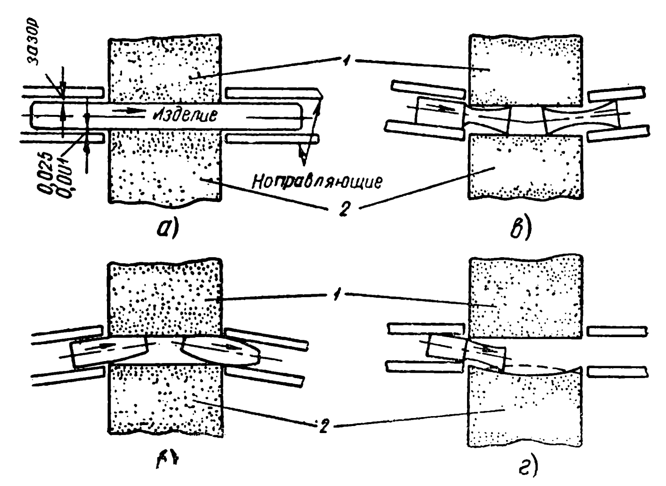
При шлифовании мягкого металла нож может быть выполнен из чугуна. Нож должен располагаться в приспособлении строго горизонтально, иначе деталь получится конусной. Его опорная поверхность должна быть чисто отшлифована, иначе на поверхности детали могут образоваться царапины и риски. После каждой правки круга *3* поверхность ножа надо промыть, а в случае повреждений ее необходимо заправить мелкозернистым бруском. Опорная поверхность *4* иногда наплавляется твердым сплавом.

Кроме поддерживающего ножа, деталь еще направляется при помощи четырех боковых планок *5*, удерживающих ее от уклонения в сторону. Расстояние между боковыми поверхностями планок устанавливается винтами. От правильного расположения поддерживающих и направляющих планок *5* зависит точность обработки детали.

Если направляющие планки установлены неправильно, то деталь будет иметь неправильную форму. На фиг. 198, *а* показана правильная установка направляющих планок. Неправильная установка планок приводит к искажению формы детали. Смещение направляющих планок в сторону ведущего круга *2* (фиг. 198, *б*) со стороны входа детали приводит к получению конусности на ее передней части, а смещение со стороны выхода детали вызывает конусность на ее конце. Отклонение направляющих планок в сторону шлифовального круга (фиг. 198, *в*) приводит к получению на деталях вогнутости. Неправильную форму цилиндрической поверхности можно получить при вогнутой или выпуклой поверхности ведущего круга — деталь приобретает овальность; при вогнутой поверхности — вогнутость (фиг. 198, *г*).

Деталь следует устанавливать на ноже так, чтобы его центр

был выше линии центров круга приблизительно на половину диаметра обрабатываемой детали, но не более чем на 13 *мм*. Небольшие детали устанавливают выше линии центра круга на величину меньше 13 *мм*, а длинные или сильно покоробленные детали устанавливают даже ниже линии центров. Это предотвращает детали от срыва с опорного приспособления. Высоту центра детали регулируют поднятием или опусканием ножа.



Фиг. 198. Установка деталей при бесцентровом шлифовании:
а — правильная установка направляющих; *б, в* — неправильная установка направляющих; *г* — неправильная форма вспомогательного круга.

При шлифовании детали методом врезания до упора по окончанию шлифования она автоматически либо вручную выталкивается назад.

Шлифование длинных валов. На бесцентровом станке модели 3180 можно шлифовать валы длиной до 4000 *мм*. Такие валы шлифуются только сквозным методом. Перед шлифованием валы должны быть тщательно выправлены. При обработке таких длинных валов применяются люнеты.

Шлифование втулок и дисков. Эти детали шлифуются сквозным методом. Для обеспечения концентричности наружной поверхности к отверстию необходимо, чтобы исходная геометрическая форма детали была правильной, а припуск на шлифование минимальным. Перпендикулярность торцов к наружной поверхности достигается установкой шлифуемых деталей одна за другой с таким расчетом, чтобы на всем протяжении рабочей зоны торцы детали плотно прилегали друг к другу. Перпендикулярность торцов к наружной поверхности получается и в том случае, когда шлифование их производится на оправке пачкой (пакетом).

Преимущества бесцентрового шлифования. Главным преимуществом бесцентрового шлифования является его высокая производительность; она превышает в несколько раз производительность

центровых круглошлифовальных станков. Высокая производительность достигается за счет высоких режимов шлифования, уменьшения времени на установку, проверку и снятие деталей. Кроме того, отпадает необходимость в центрировании деталей, что позволяет уменьшить припуск на шлифование, так как деталь центрируется по обрабатываемой поверхности. Повышенный режим шлифования возможен благодаря надежной опоре детали на нож и на ведущий круг.

Применение широких кругов для бесцентрового шлифования обеспечивает повышенную точность (0,025 *мм*) и степень чистоты поверхности. Наличие надежной опоры детали дает возможность на этих станках шлифовать весьма тонкие и полые детали как широкие, так и узкие, выполненные в виде колец и шайб.

Переналадка бесцентрового станка на шлифование деталей другого размера требует значительного времени, поэтому бесцентровое шлифование выгодно применять только при серийном производстве.

Следует отметить, что при наружном бесцентровом шлифовании деталей с обработанным отверстием нельзя добиться концентричности внешней поверхности к внутренней. Поэтому, как правило, обработка отверстий в данном случае производится после бесцентрового шлифования на базе прошлифованной наружной поверхности. На бесцентровых станках невозможно шлифовать детали, обрабатываемая поверхность которых имеет продольные пазы, если они временно не заделаны ложными вкладышами.

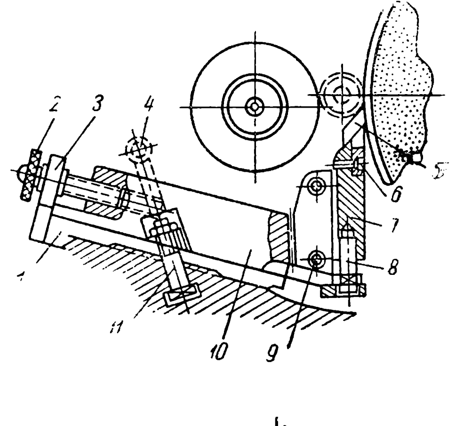
Брак при бесцентровом шлифовании. Кроме уже известных нам причин возникновения брака в процессе шлифования вообще, при бесцентровом шлифовании дополнительными причинами его появления могут быть следующие ошибки в работе: а) обрабатываемая деталь находится слишком высоко над центрами обоих кругов; б) низкое расположение оси детали по отношению к оси обоих кругов, приводящее к огранке детали.

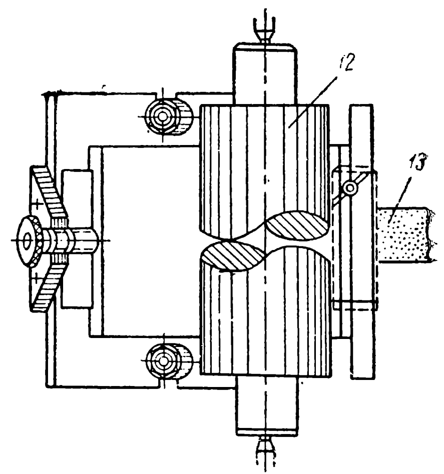
Приспособление для бесцентрового шлифования на круглошлифовальном станке. При бесцентровом шлифовании на круглошлифовальном станке применяют различные приспособления для установки деталей. На фиг. 199 показано одно из приспособлений, опорная плита которого располагается на столе *1* станка и зажимается двумя болтами *11*. Болты закрепляются торцовым ключом *4*. Ведущий валик устанавливается в центрах и при помощи хомутика приводится во вращение. Винтом *2*, помещенным в планке *3*, корпус *10* перемещают в поперечном направлении до тех пор, пока обрабатываемая деталь не будет покоиться на ноже *5* между ведущим валиком *12* и шлифовальным кругом *13*. Салазки *7* ножа *5* закреплены болтами *9* и могут перемещаться по вертикальным пазам корпуса *10*, что позволяет производить правильную установку ножа по отношению к центру шлифовального круга при помощи винтов *6* и *8*. Шлифование возможно сквозное и до упора.

Внутреннее бесцентровое шлифование. При этом способе шлифования базой для установки детали служит наружная поверхность.

Поэтому отверстие обрабатывается после шлифования наружной цилиндрической поверхности; этим достигается строгая концентричность шлифуемого отверстия и наружной поверхности детали.

Внутреннее бесцентровое шлифование детали производится следующим образом. Шлифуемая деталь *10* устанавливается на ведущий стальной диск *9* и опорный стальной ролик *2* (фиг. 200, *а*) Нажимной ролик *4*, повертываясь вокруг пальца *3*, прижимает обрабатываемую деталь к ведущему диску и опорному ролику. Деталь своим торцом прижимается к упору *11* (фиг. 200, *б*). Прижатие детали осуществляется за счет того, что ведущий диск повернут приблизительно на полградуса. Ведущий диск вращается со скоростью 40—60 *м/мин*. Благодаря малой скорости ведущего диска по сравнению со шлифовальным кругом между ним и деталью создается трение больше, чем усилие шлифования. Поэтому диск «ведет» шлифуемую деталь. Ролики *2* и *4* свободно вращаются вокруг своих осей, создавая хороший контакт с вращающейся деталью. Шлифовальный круг вращается с окружной скоростью 25—35 *м/сек*. Кроме того, он имеет возвратно-поступательное движение вдоль оси детали и подачу на врезание после каждого двойного хода.



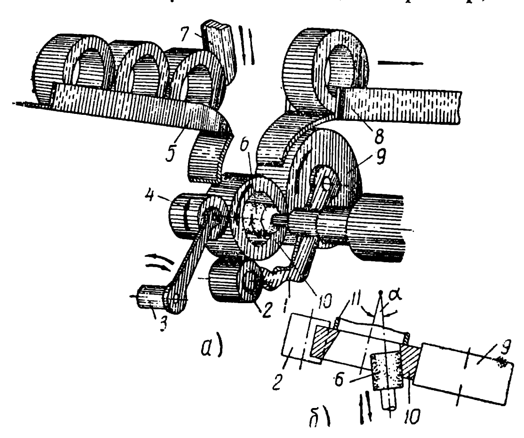


Фиг. 199. Приспособление для бесцентрового шлифования поршневого пальца.

По окончании шлифования круг выводится из детали, прижимной ролик *4* отходит от нее и рычаг *1*, повертываясь, выталкивает деталь в разгрузочный жолоб *8*. Упор *7* отводится, давая возможность новой детали скатиться к рычагу *1*, который опускает ее в положение шлифования. После этого прижимной ролик прижмет деталь, а рычаг *1* отойдет в исходное нижнее положение и цикл работы станка повторится.

Такие станки снабжаются обычно магазинным приспособлением для автоматической загрузки деталей и автоматическим устройством для профилирования шлифовального круга.

Бесцентровым внутренним шлифованием достигается высокая точность обработки. Так, например, шлифование отверстий может быть выполнено со следующими допусками: по размеру диаметра 0,007 *мм*, по конусности, овальности и эксцентричности 0,002 *мм*. Этим способом можно шлифовать и конические отверстия (фиг. 200, *б*). Для этой цели необходимо переднюю бабку станка повернуть на угол α, равный половине угла конуса отверстия детали. Однако и бесцентровому внутреннему шлифованию присущи свои недостатки. Так, погрешность наружной поверхности детали (овальность, огранка и др.) копируются на шлифуемой внутренней поверхности ее.



Фиг. 200. Внутреннее бесцентровое шлифование.

По описанному циклу работает бесцентровый внутришлифовальный автомат модели 3263 для шлифования колец с наружным диаметром 75—200 *мм* и длиной 100 *мм*.

§ 4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАТОЧНЫХ СТАНКАХ

Получить хорошую и точно обработанную поверхность детали можно при пользовании хорошо заточенным режущим инструментом. Хорошо заточить инструмент — это значит придать его режущей части правильные геометрические формы.

Большое разнообразие режущего инструмента, применяемого в промышленности, требует для его заточки много различных станков, приспособлений и измерительных инструментов.

По характеру выполняемой ими работы заточные станки разделяют на простые, универсальные и специальные.

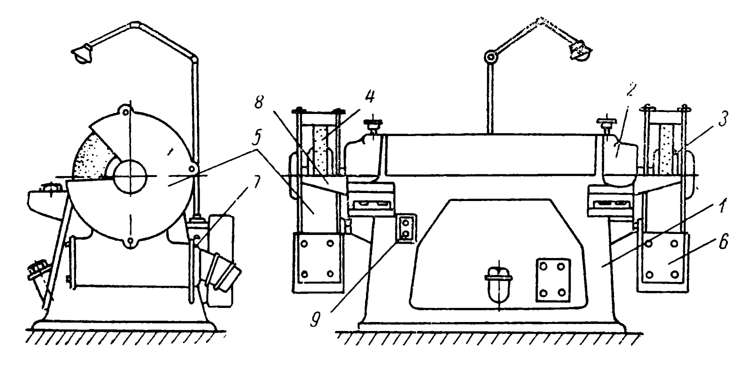
На универсальных станках производится заточка всех видов режущего инструмента. Эти станки часто снабжаются целым рядом различных приспособлений, облегчающих установку и закрепление затачиваемого на них инструмента. Специальные же станки, как правило, предназначаются для заточки режущих инструментов одного вида, например, резцов, сверл, протяжек, червячных фрез и т. д.

§ 5. ЗАТОЧКА И ДОВОДКА РЕЗЦОВ

Заточка резцов может быть выполнена вручную на простых заточных станках, на специальных, а также на универсально-заточных станках. Ручная заточка резцов малопроизводительна и не

обеспечивает правильной заточки углов. Заточка же резцов на специальных станках производится при их массовом производстве.

Заточка резцов на простых заточных станках. Самый простой заточной станок, применяющийся при ручной заточке резцов (фиг. 201), состоит из массивной станины *1*, на которой закреплены два подшипника *2*. Через подшипники проходит шпиндель станка, на одном конце которого имеется правая, а на другом левая



Фиг. 201. Заточной станок для ручной заточки.

резьба. Планшайбой *3* и гайкой устанавливаются и крепятся шлифовальные круги *4*, которыми затачивают резцы. Станок снабжен двумя кожухами *5*, предохраняющими работающих от осколков круга в случае его разрыва. Кожух в нижней части имеет два окна: одно окно *6* для удаления оседающей в процессе заточки абразивной пыли, другое окно для крепления трубы *7* вытяжной вентиляции. Правый и левый шлифовальные круги имеют подвижные подручники *8*, которые служат опорой для резца при заточке. С износом круга подручники передвигаются к центру шпинделя, с сохранением между ними и шлифовальным кругом зазоров 2—3 *мм*.

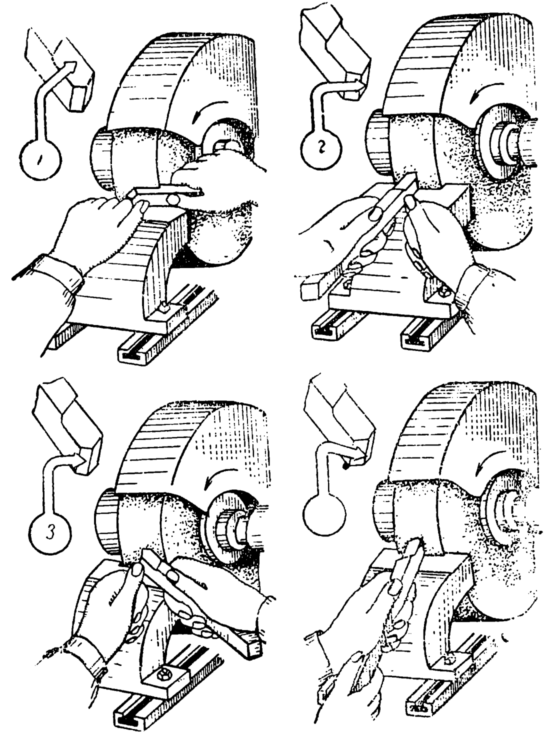
Электродвигатель и ременная передача расположены внутри станка. Пуск и остановка станка производится кнопками пускателя *9*. Станок имеет три комплекта стандартных фланцев для крепления шлифовальных кругов с отверстиями диаметров: 50, 127 и 203 *мм*. В последнее время заточные станки этой группы снабжаются системой непрерывной подачи охлаждающей жидкости. На указанном станке возможна заточка всех типов нормальных резцов. Правильная последовательность заточки проходного резца показана на фиг. 202: в положении *1* затачивается передняя грань резца; в положении *2* — главная задняя грань; в положении *3* — вспомогательная задняя грань и, наконец, в положении *4* — закругление вершины резца.

При заточке резцов должны быть соблюдены следующие правила:

1. Резец при заточке задней грани устанавливается по отношению к кругу так, чтобы его передняя грань была сверху (фиг. 202). Направление вращения круга на режущую кромку дает более

острую режущую кромку, без заусенцев, и предохраняет пластинку резца от выкрашивания и возможного отскакивания пластинки резца от державки из-за некачественной припайки.

2. Для получения прямолинейности режущей кромки резца и равномерного износа круга резцу сообщаются дополнительные движения вдоль рабочей поверхности круга.



Фиг. 202. Приемы заточки проходного резца.

3. Производится равномерное и умеренное давление на круг. Слишком большое давление при ручной заточке приводит к появлению трещин на передней грани резца, отпуску режущей кромки и чрезмерному износу круга.

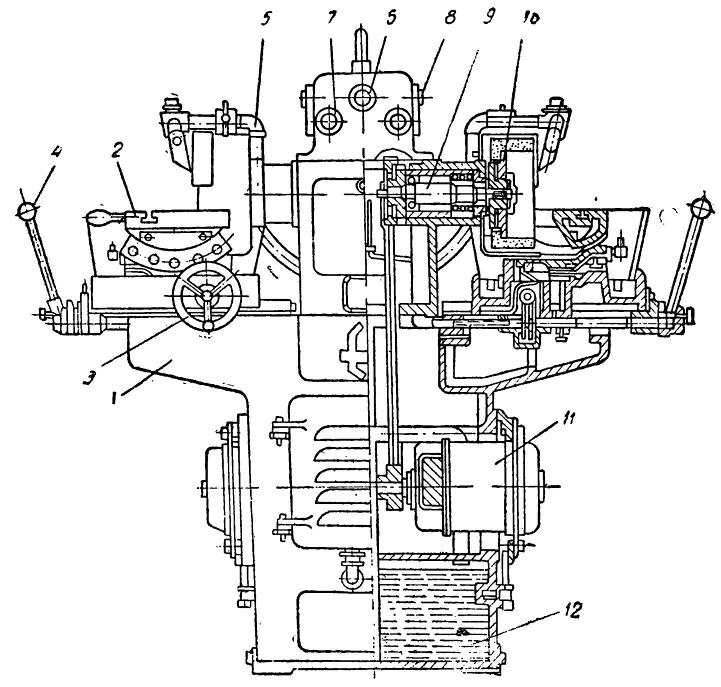
4. При механической заточке не допускается капельное охлаждение резца, так как это приводит к появлению трещин. Охлаждение должно быть обильным (не менее 10—20 *л* в минуту). Охлаждение уменьшает нагрев резца у режущей кромки, очищает круг от металлической пыли (предохраняет от засаливания) и способствует получению более чистой поверхности граней резца.

5. Вначале затачивается передняя грань резца, а затем главная и вспомогательная задние грани и, наконец, выполняется скругление его вершины по радиусу.

§ 6. СТАНОК МОДЕЛИ 362В ДЛЯ ЗАТОЧКИ РЕЗЦОВ

На фиг. 203 представлен общий вид станка для заточки резцов с пластинками из металлокерамических твердых сплавов и некоторых типов призматических и специальных резцов из быстрорежущей стали. Заточка на станке производится чашечным кругом диаметром 250 *мм*. Резец закрепляется на столе *2*, получающем возвратно-поступательное движение от рукоятки *4* и поперечную подачу на круг от маховичка *3*. Этот станок снабжен двумя шпинделями *9*, приводимыми в движение отдельными электродвигателями *11*, находящимися внутри станины *1* станка. На шпинделях укрепляются два шлифовальных круга *10*. Один из кругов пред-

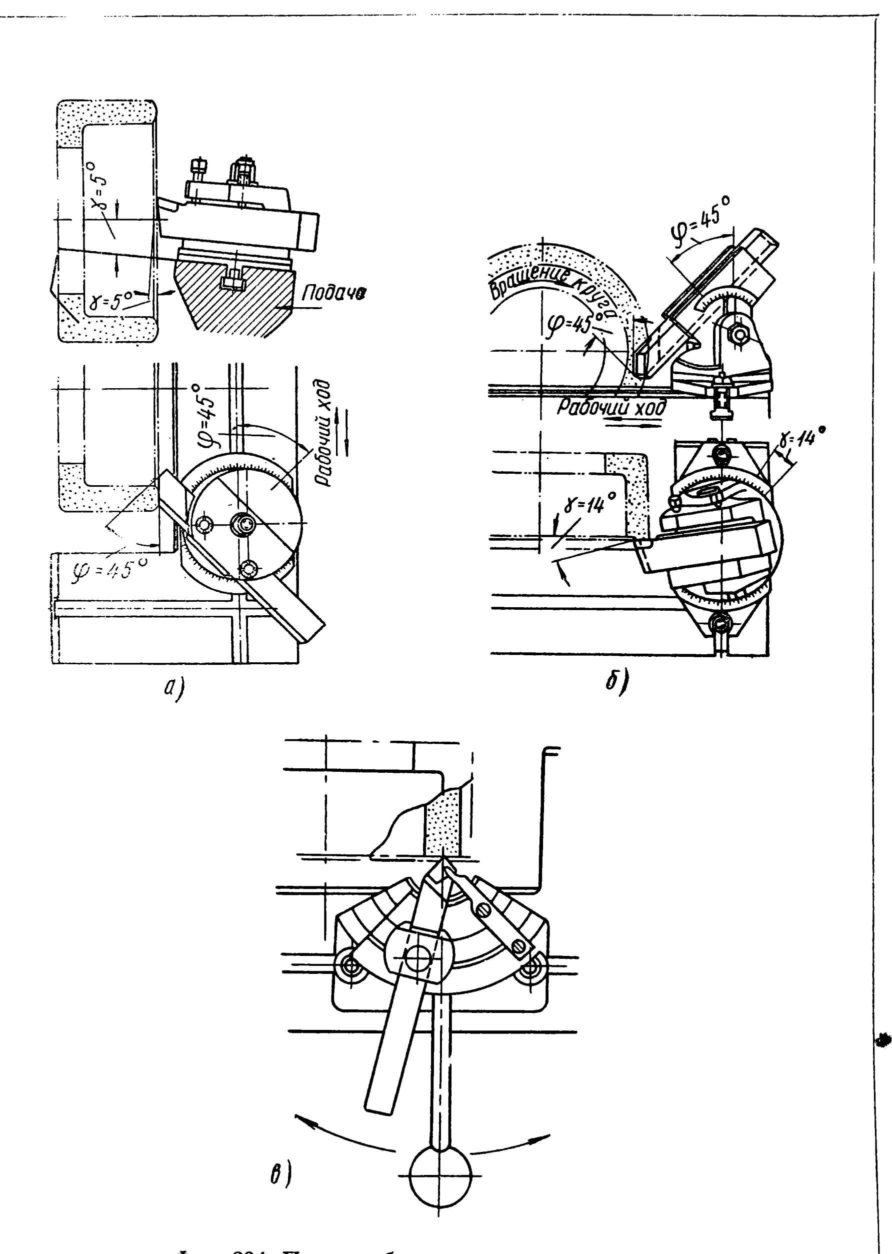
назначен для обдирки державки резца, а другой для заточки пластинки твердого сплава. Окружная скорость кругов зависит от размеров шкивов, установленных на валах электродвигателя. Охлаждающая жидкость подводится к месту заточки по трубопроводу *5* из резервуара *12*.



Фиг. 203. Станок типа 362В для заточки резцов.

Направление вращения кругов изменяется переключением электродвигателя. Кнопки электрического управления *6, 7* и *8* станком сосредоточены в верхней части бабки шлифовального круга. В зависимости от формы и типа резца его можно затачивать с левой или правой стороны круга. Подача стола на круг производится маховиком *3* с любой стороны стола через понижающую передачу. Установка стола *2* под нужным углом заточки резца осуществляется поворотом стола, покоящегося в полукруглых направляющих. Резцы устанавливаются в приспособлениях, прилагаемых к станку. К станку прилагаются приспособление для заточки резца по передней и задней граням, приспособление для правки круга и приспособление для закругления вершины резца.

На фиг. 204, *а* показано применение приспособления для заточки резца по задней грани. Установка резца в этом приспособлении на задний угол производится поворотом стола, а установка резца на углы в плане — поворотом приспособления вокруг вертикальной оси. Приспособление для заточки передней грани резца изображено



Фиг. 204. Приспособления для заточки резца:

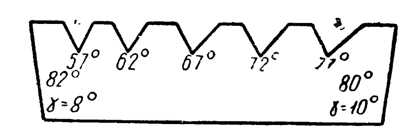
а — по задней грани; *б* — по передней грани; *в* — по радиусу при вершине.

на фиг. 204, *б*. Здесь настройка резца на заточку переднего угла достигается поворотом приспособления в горизонтальной плоскости. Заточка закругления вершины резца производится в специальном поворотном приспособлении, устанавливаемом на столе станка (фиг. 204, *в*).

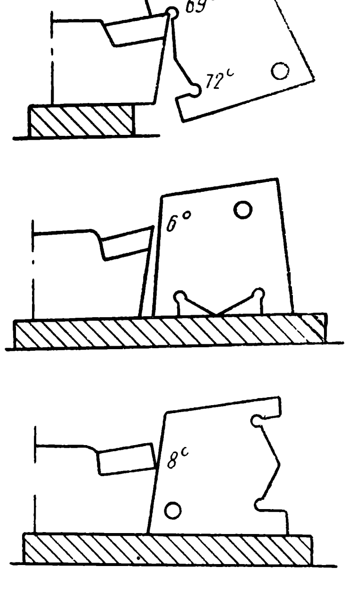
Основными достоинствами этого станка являются: а) возможность получения высокой точности заточки углов резца; б) наличие двух кругов, позволяющих производить пооперационную заточку резцов; в) возможность предварительной балансировки круга до его установки на станок; г) возможность его применения как простого заточного станка. В этом случае стол разворачивается под нужным углом и служит подручником.

К недостаткам следует отнести ограниченное число затачиваемых форм поверхностей и типов резцов.

Проверка углов заточки резцов. После заточки резцы подвергаются проверке правильности их углов и режущих кромок. Проверка углов заточки резца производится простейшими угловыми шаблонами и универсальными и специальными угломерами. На фиг. 205 показан шаблон для проверки углов заострения. Применяются такие шаблоны для проверки определенной группы или отдельных углов резца. На фиг. 206 показана установка шаблона в процессе проверки угла резца.



Фиг. 205. Шаблон для измерения угла заточки.

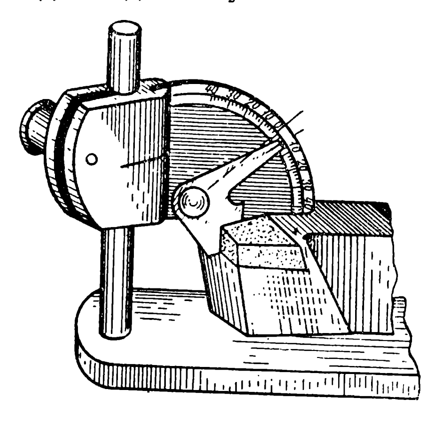


Фиг. 206. Установка шаблона для измерения угла заострения.

Проверку переднего и заднего углов резца можно производить и настольным угломером (фиг. 207). Такой угломер состоит из плиты и стойки, по которой перемещается держатель со шкалой и измерительным угольником. Точность измерения этим угломером составляет $\pm$ 0,5°. Проверка производится на просвет между измеряемой гранью резца и измерительной поверхностью угольника.

Доводка резцов. По окончании чистовой заточки режущая кромка резца при сильном увеличении представляет собой зазубренное лезвие, а передняя и задняя грани резца выглядят недостаточно гладкими. Эти зазубрины и неровности в процессе резания постепенно увеличиваются и тем самым снижают режущие свойства инструмента и степень чистоты обработанной поверхности детали.

Поэтому каждый заточенный режущий инструмент следует доводить. Иногда доводку режущего инструмента производят абразивными брусками прямоугольного, квадратного или круглого сечения. Однако для получения высокого качества режущей кромки инструмент следует доводить не брусками вручную, а на специальных устройствах. Доведенный режущий инструмент имеет повышенную стойкость, дает возможность увеличить производительность труда.



Фиг. 207. Настольный угломер для проверки переднего и заднего углов резца.

Доводка резцов производится на вращающемся чугунном диске. Рабочая поверхность этого диска покрывается доводочным материалом — пастой. Диаметр диска 200—250 *мм*, скорость вращения его 0,8—2,0 *м/сек*, считая по среднему диаметру рабочей поверхности.

Доводка резцов из быстрорежущей стали производится грубой пастой ГОИ, имеющей следующий состав (в % по весу): окись хрома — 80; силикагель — 3; стеарин — 15; керосин — 2.

Доводка твердосплавных резцов производится при помощи одной из паст следующих составов (в % по весу): карбид бора — 75; стеарин — 15; вазелин — 8; керосин — 2; или же паста: карбид бора — 70—60; парафин — 30—40.

Прежде чем нанести пасту на чугунный диск, его необходимо протереть тряпкой или войлочным помазком, слегка смоченным керосином. На протертый чугунный диск наносится слой пасты в разных направлениях, а последующее разравнивание пасты по диску осуществляется затачиваемой деталью.

Резец доводится вначале по передней грани, а затем по главной— задней грани. Перед доводкой каждой грани стол подручника устанавливается под заданным на резце углом.

§ 7. ЗАТОЧКА СВЕРЛ

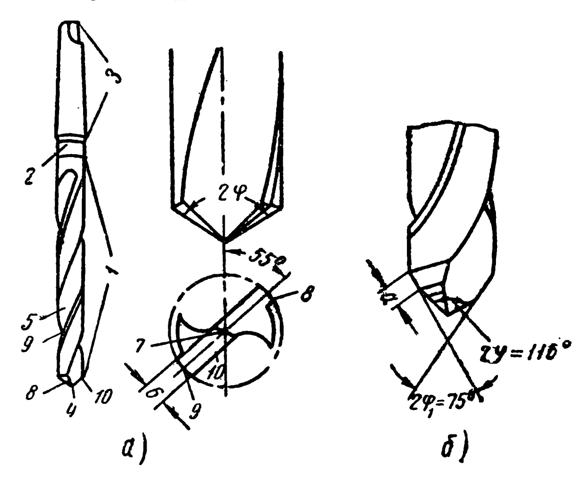
Элементы сверла. Сверло состоит из следующих главных элементов (фиг. 208, *а*): рабочей (режущей) части *1*, шейки *2* и хвостовика *3*. Рабочая часть сверла в свою очередь состоит из заборного конуса *4*, винтовых канавок *5*, сердцевины *6*, поперечной режущей кромки (перемычки) *7*, задних поверхностей *8*, фаски (ленточки) *9* и главной режущей кромки *10*.

Геометрия сверла. Как и у обычного резца, спиральное сверло имеет передний и задний углы. Винтовые канавки, имеющиеся на сверле, обеспечивают отвод стружки в процессе резания и образуют на режущей части передний угол. Задний угол получается при спе-

циальной заточке задней поверхности заборного конуса и является переменным, увеличиваясь от периферии к центру сверла.

Спиральное сверло имеет две режущие кромки, затачиваемые для обработки стали и чугуна под углом $= 58—60°$ и образующие между собой так называемый угол при вершине $2\varphi = 116 \div 120°$

Двойная заточка сверла. Для повышения стойкости сверла целесообразно производить дополнительную заточку заборного конуса сверла, как показано на фиг. 208, *б*. Заточенное таким образом сверло, помимо нормального угла при вершине $2\varphi = 116 \div 120°$, имеет дополнительный угол при вершине $2\varphi = 70 \div 80°$.



Фиг. 208. Виды заточек сверл:
а — обычная заточка сверла; *б* — сверло с двойной заточкой.

Наивыгоднейшая ширина дополнительной режущей кромки составляет 0,2 *мм*. Повышение стойкости сверл при двойной заточке объясняется лучшим образованием стружки (она шире и тоньше), лучшим теплоотводом, в результате которого стойкость наиболее подверженного износу участка между ленточкой и режущей кромкой сверла увеличивается. Двойную заточку рекомендуется делать на сверлах диаметром от 8 *мм* и выше.

Станки для заточки сверл. Заточка рабочих поверхностей сверла обычно производится на специальных полуавтоматических и автоматических станках.

На фиг. 209 и 210 показан полуавтомат модели 3659 для заточки сверл и зенкеров диаметром от 10 до 75 *мм*. Основные узлы и механизмы станка следующие: станина, бабка шлифовального круга, каретка со сверлодержателем, распределительная коробка и механизм подачи.

Заточка сверл на этом станке производится по винтовой поверхности. Станок относится к типу полуавтоматических станков, так как все движения в нем совершаются автоматически, за исключением снятия, установки и закрепления затачиваемого сверла. После окончания заточки сверло или зенкер автоматически отводятся назад, и станок останавливается (исключение составляет вращение шлифовального круга).

Для осуществления заточки станок имеет следующие движения:

а) вращение шлифовального круга;

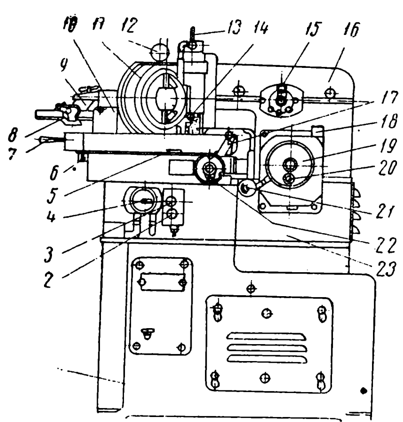
б) вращение затачиваемого инструмента:

в) возвратно-поступательное движение шпинделя шлифовального круга;

г) планетарное движение шпинделя шлифовального круга в плоскости торца круга;

д) автоматическая подача инструмента на круг перпендикулярно торцовой плоскости его.

Вращение шлифовального круга. На фиг. 210 показана кинематическая схема станка. Движение шпинделю шлифовального круга передается от электродвигателя мощностью 2,7 *квт* и с числом оборотов 960 в об/мин. через клиноременную передачу с соотношением шкивов:



Фиг. 209. Общий вид станка модели 3659:

1 — станина; *2, 3* — кнопки пуска и останова электродвигателя шлифовального круга; *4* — пусковой прибор электродвигателя насоса; *5* — шкала отсчета поворота сверлодержателя; *6* — *7* — рукоятка поворота сверлодержателя; *8* — винт закрепления бабки; *9* — центровая бабка; *10* — каретка патронодержателя; *11* — патрон крепления сверла; *12* — рукоятка правильного приспособления; *13* — кран впуска охлаждающей жидкости; *14* — рукоятка крепления упорки сверла; *15* — рукоятка для включения кулачка; *16* — шлифовальная бабка; *17* — рукоятка коробки скоростей вращения детали; *18* — рукоятка регулирования подачи; *19* — шкала отсчета величины снимаемого слоя; *20* — рукоятка перемещения каретки сверлодержателя; *21* — рукоятка механизма подачи; *22* — рукоятка скорости вращения; *23* — распределительная коробка.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{210}{109}$$

Число оборотов шлифовального круга в минуту будет равно:

$$n_{кр} = 960 \cdot \frac{210}{109} = 1845.$$

Размеры шлифовального круга: $300 \times 75 \times 200$.

Вращение затачиваемого инструмента. Затачиваемый инструмент (сверло или зенкер) приводится во вращательное движение также от электродвигателя. Через ременную передачу с соотношением шкивов $\frac{D_1}{D_2} = \frac{110}{260}$ и через зубчатую передачу с соотношением чисел зубьев $\frac{18}{74}$ приводится во вращение зубчатое колесо с числом зубьев 62. Зубчатые колеса с числом зубьев 74 и 62 соединены муфтой. Далее через пару винтовых зубчатых колес (число зубьев каждого колеса равно 30) вращение передается на коробку подач механизма вращения инструмента. От коробки подач движение передается через зубчатые колеса (число зубьев 42, 43, 42) и через пару винтовых зубчатых колес (число зубьев 16 и 64) на вращение зажимного патрона.

Число оборотов инструмента будет равно:

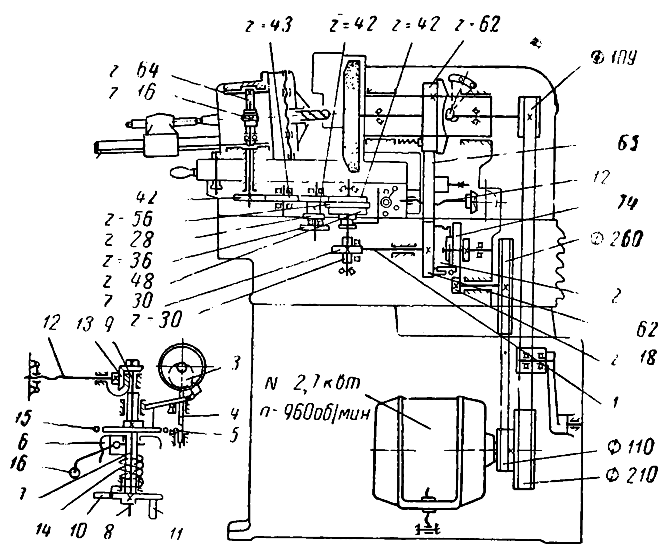
$$n_{ин} = 960 \frac{110}{260} \frac{18}{74} \cdot \frac{30}{30} i_{к} \, n \frac{42}{43} \frac{43}{42} \frac{16}{64},$$

где $n_{ин}$ — число оборотов инструмента в минуту;

$i_{к.п}$ — передаточные отношения зубчатых колес коробки подач.

Коробка подач состоит из блока, имеющего 3 зубчатых колеса (48, 56 и 42). Блок может перемещаться на шпонке вала и соответственно соединяться с зубчатыми колесами (36, 28, 42). Эта коробка подач имеет три передаточных отношения:

$$1)\ i_1 = \frac{42}{42};\ 2)\ i_2 = \frac{48}{36};\ 3)\ i_3 = \frac{56}{28}$$



Фиг. 210. Кинематическая схема станка модели 3659 (*а*).

Числа оборотов инструмента в минуту будут следующими: при включении в коробке подач зубчатых колес с передаточным отношением $\frac{42}{42}$ число оборотов будет равно $n_1 = 24{,}6$; при включении зубчатых колес с отношением $\frac{48}{36}$ $n_2 = 32{,}8$; а при включении зубчатых колес с передаточным отношением $\frac{56}{28}$ $n_3 = 49{,}2$.

При заточке сверло будет вращаться с числом оборотов в минуту 49,2, трехперый зенкер — с числом оборотов 32,8, а четырехперый зенкер — с числом оборотов 24,6.

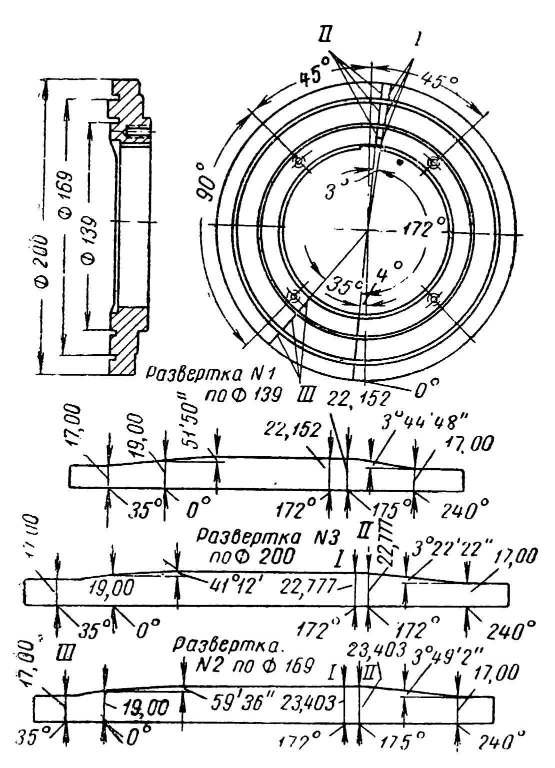
П л а н е т а р н о е д в и ж е н и е ш п и н д е л я ш л и ф о в а л ь н о г о к р у г а. Для равномерного износа шлифовального круга ему сообщают качательное движение в плоскости, параллельной его торцовой поверхности. Для этой цели шпиндель круга помещен эксцентрично в гильзе, вращающейся в подшипниках скольжения. Величина эксцентриситета равна 5 *мм*. Это вращение гильзы создает планетарное движение шпинделя шлифовального круга. Гильза со шпинделем жестко не связана — находящийся внутри нее шпиндель шлифовального круга вращается на роликовых подшипниках и так как оси

гильзы и шпинделя не совпадают, то шпиндель совершает планетарное движение.

Гильза получает вращение от зубчатого колеса с числом зубьев 62, соединенного муфтой с зубчатым колесом с 74 зубьями. Далее через зубчатые колеса с числом зубьев 65 и 62 приводится во вращательное движение гильза, несущая шлифовальный круг. Число оборотов шлифовального круга, получаемое от гильзы, будет равно:

$$n_{гильзы} = 960 - \frac{110}{260} \quad \frac{18}{74} \cdot \frac{62}{65} \cdot \frac{65}{62} = 99 \text{ об/мин}.$$

Возвратно-поступательное движение шпинделя шлифовального круга вдоль оси. К зубчатому колесу, имеющему 62 зуба и сидящему на гильзе, прикреплен копир, изготовленный с тремя различными концентрично расположенными кривыми подъема. В зависимости от диаметра сверла и величины заточки заднего угла в работе участвует одна из кривых подъема. Копир прижимается к неподвижному упору. При соприкосновении участка подъема копира неподвижным упором гильза и шпиндель подводятся к затачиваемому инструменту. При соприкосновении с упором участка спада копира шпиндель вместе с кругом под действием пружины возвращается в исходное положение.



Фиг. 211. Кулачок и развертка кривой для перемещения шпинделя.

Величина перемещения шпинделя зависит от кривой копира.

Когда упор прикоснется к верхней кривой копира (фиг. 211) на дуге от 0 до 175°, перемещение шпинделя будет равно 3,152 *мм;* когда же упор соприкасается со средней кривой копира — величина перемещения шпинделя будет 3,777 *мм,* при соприкосновении упора с нижней кривой копира шпиндель переместится на 4,403 *мм.*

При заточке каждой задней поверхности инструмента шлифовальный круг перемещается поступательно в течение половины оборота

кулачка, т. е. от 0 до 175°. Участки кривой от 35 до 0° и от 175 до 240° являются переходными. Поэтому на оставшийся участок кривой приходится: 360—(240—35) = 85 градусов. Во время поворота на этот угол происходит поворот сверла для заточки его грани.

Совокупность планетарного движения шлифовального круга и его поступательное перемещение вдоль оси приводят к заточке задних поверхностей инструмента по винтовой поверхности.

Кинематическая связь поворотов гильзы шпинделя и патрона инструмента. Заточка каждой задней поверхности инструмента производится за один оборот гильзы или же за один оборот копира. Поэтому в течение одного оборота копира затачиваемый инструмент должен повернуться: в случае заточки сверла — на $^1/_2$ оборота, трехперого зенкера — на $^1/_3$ оборота и для четырехперого зенкера — на $^1/_4$ оборота. Это обеспечивается соответствующим подбором зубчатых колес.

При затачивании сверла в коробке подач включаются колеса с числами зубьев 56 и 28, обеспечивающие за 1 оборот копира:

$$\frac{62}{65}\cdot\frac{65}{62}\quad\frac{30}{30}\cdot\frac{56}{28}\cdot\frac{42}{43}\cdot\frac{43}{42}\cdot\frac{16}{64}=\frac{1}{2}\ \text{оборота сверла.}$$

При затачивании трехперого зенкера в коробке подач включаются колеса с числом зубьев 48 и 36, обеспечивающие за 1 оборот копира:

$$\frac{62}{65}\quad\frac{65}{62}\cdot\frac{30}{30}\quad\frac{48}{36}\quad\frac{42}{43}\cdot\frac{43}{42}\quad\frac{16}{64}=\frac{1}{3}\ \text{оборота зенкера.}$$

При затачивании четырехперого зенкера в коробке подач включаются колеса с отношением зубьев $\frac{42}{42}$, тогда за 1 оборот копира получим:

$$\frac{62}{65}\quad\frac{65}{62}\cdot\frac{30}{30}\cdot\frac{42}{42}\cdot\frac{42}{43}\cdot\frac{43}{42}\cdot\frac{16}{64}=\frac{1}{4}\ \text{оборота зенкера.}$$

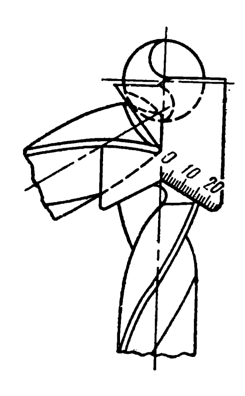
Подача инструмента на шлифовальный круг. Супорт патрона с закрепленным в нем инструментом может подаваться к шлифовальному кругу или вручную винтом или же автоматически. Схема механизма подачи показана на фиг. 210. Устройство механизма автоматической подачи следующее. На валу *1* около муфты *2* установлен эксцентрик *3*, поворот которого перемещает стержень *4*, со скосом *5*, находящийся под давлением пружины. Вследствие этого диск *6*, закрепленный на валу *7*, повертывается на определенную величину с помощью кулисного механизма. Внутри вала *7* эксцентрично расположен вал *8*. На конце этого вала установлено коническое зубчатое колесо с числом зубьев 45.

Маховичок *10* с вытяжной рукояткой *11*, закрепленный на другом конце вала *8*, служит для подачи инструмента на шлифовальный круг. Действие механизма следующее. Во время работы станка с вала *1*, несущего эксцентрик *3*, движение передается на стержень *4*. Этот стержень перемещается возвратно-поступательно и воздействует скосом *5* на диск *6*, заставляя его периодически повертываться на

определенный угол. Вращение происходит в одну сторону. Благодаря повороту диска *6* поворачивается и вал *7*, а эксцентричная цапфа последнего повертывает коническое колесо *9* и вместе с ним коническое колесо *13*, установленное на ходовом винте *12*. Вращаясь, винт перемещает салазки патрона, а вал *7* закручивает пружину *14*, стремящуюся повернуть вал в обратную сторону. Этому препятствует тормозной ролик *15*.

По окончании заточки рукоятка *16* отходит под действием упора вправо. Диск *6* с валом *7* под действием пружины повертывается в обратном направлении. Салазки патрона с инструментом отходят в исходное положение.

Величина подачи станка определяется в зависимости от угла качания кулисы, помещенной внутри диска *6*, и может плавно изменяться в пределах от 0,005 до 0,05 *мм* на один оборот затачиваемого инструмента.



Фиг. 212. Шаблон для контроля заточки сверла.

Контроль заточки. После заточки сверла проверяется угол при вершине 2φ, равномерность длины режущих кромок, правильное расположение поперечной кромки, чистота заточенных поверхностей. Для проверки заточки применяется шаблон, приведенный на фиг. 212, где указан и способ его применения. Одновременно этим шаблоном можно производить проверку угла, образуемого спиралью с осью сверла. Степень чистоты задней поверхности определяется путем сравнения с эталоном.

Проверку угла при вершине можно производить универсальным угломером. При заточке сверл на специальном станке точность угла достигается настройкой самого станка и поэтому нет необходимости производить его проверку.

§ 8. ЗАТОЧКА ФРЕЗ

Общие сведения. Правило «точить чаще!» особенно должно распространяться на фрезы, являющиеся сравнительно дорогим инструментом. При износе режущих поверхностей фрезы на 0,3—0,5 *мм* необходимо производить заточку, так как при большей величине износа фреза не только тупится, но и совсем теряет свою режущую способность. Известно, что до определенного момента износ фрезы протекает равномерно, после чего затупление режущих кромок идет весьма быстро. При большой величине износа режущих кромок фрезы на заточку затрачивается больше времени и снимается много металла. Критерий затупления для большинства фрез характеризуется износом по задней поверхности на 0,3—0,5 *мм*.

Важнейшим требованием к правильной заточке фрезы является условие, чтобы все ее режущие кромки лежали в одной цилиндрической поверхности, концентричной оси вращения фрезы. Если часть

зубьев будет выступать, то они будут сильно перегружаться в работе, быстро затупляться и выкрашиваться, а обработка детали будет нечистой.

Заточка фрез производится как с охлаждением, так и без охлаждения. При заточке с охлаждением можно производить работу с большой глубиной шлифования, не боясь отпуска режущих кромок; при работе без охлаждения необходимо процесс заточки производить на низких режимах. Почти все фрезы (за исключением фрез с задней поверхностью, выполненной по архимедовой спирали) при заточке проходят три основные операции:

а) заточку передней поверхности зуба для удаления следов затупления и углубления стружечной канавки;

б) шлифование по диаметру и торцу (если у фрезы режут и торцовые зубья) для удаления затупления по задней поверхности зуба фрезы и выравнивания ее выступающих зубьев;

в) заточку по задней поверхности зуба фрезы для придания ему необходимых задних углов.

Заточка затылованных фрез производится по передней поверхности до полного удаления следов затупления как по передней, так и по задней поверхности. Заточка фрез производится на универсальных или на специальных станках.

§ 9. УНИВЕРСАЛЬНО-ЗАТОЧНОЙ СТАНОК ТИПА 3А64

Большинство универсально-заточных станков изготовляется по одному и тому же конструктивному принципу и поэтому мало отличается друг от друга. Приведем описание универсально-заточного станка типа 3А64 завода имени Ильича. Этот станок имеет большое применение на отечественных заводах для заточки режущего инструмента.

Универсально-заточной станок 3А64 (фиг. 213 и 214) предназначен для заточки всевозможных режущих инструментов диаметром до 250 *мм* и длиной до 400 *мм*. При помощи различных дополнительных приспособлений можно затачивать и инструменты диаметром до 500 *мм* и длиной до 600—700 *мм*. Кроме того, на этом станке также производят круглое наружное, внутреннее и плоское шлифование. В отличие от других универсально-заточных станков станок 3А64 обеспечивает большую точность выполняемых на нем работ, имеет массивную и жесткую конструкцию. Он удобен в управлении, так как расположение маховичков и рукояток дает возможность рабочему работать с любой стороны станка, в зависимости от характера выполняемой работы. В табл. 22 приводится техническая характеристика этого станка.

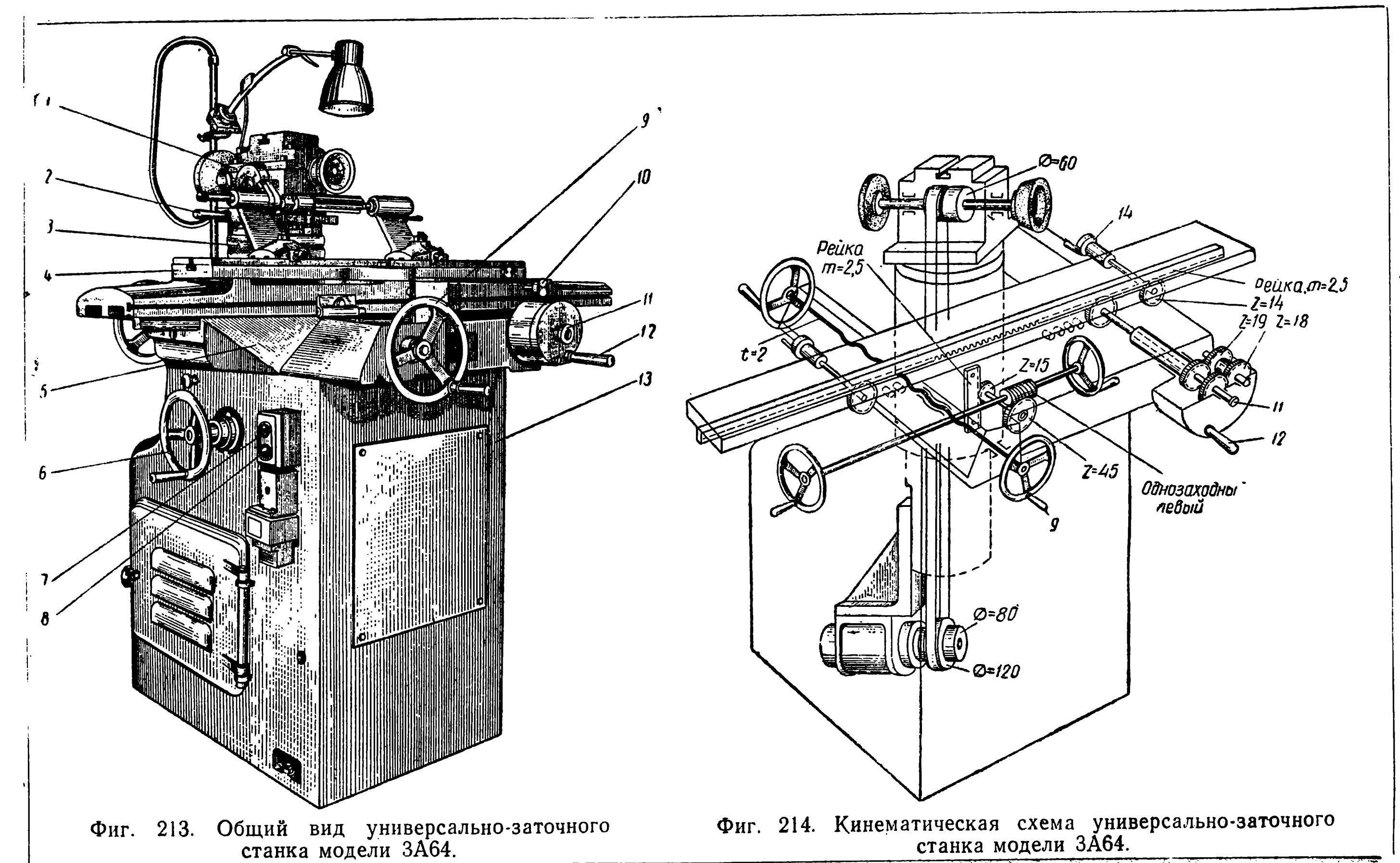
Станина заточного станка *13* представляет пустотелую чугунную отливку коробчатой формы с поперечными направляющими, по которым скользит супорт *5*, перемещаемый маховичком *9*. В верхней части этого супорта имеются еще одни, но уже продольные направляющие для перемещения по ним стола *4*. Нижние направляющие этого стола опираются на ролики, чем достигается легкость переме-

Таблица 22

Техническая характеристика универсально-заточного станка модели 3А64

Наименован	Размеры
Высота центров в *мм* . . .	125
Расстояние между центрами передней и задней бабки в *мм*	650
Расстояние между центрами универсальной головки и задней бабки в *мм* . . .	400
Расстояние между осью шлифовальных кругов и линией центров в *мм:*	
наименьшее	70
наибольшее	300
Стол	
Поверхность стола (длина × ширина) в *мм*	920×134
Наибольшее перемещение в *мм:*	
продольное	400
поперечное .	230
Наибольший угол поворота стола в градусах	120
Поперечное перемещение стола на одно деление лимба в *мм*	0,02
Поперечное перемещение стола на один оборот лимба в *мм*	2,0
Бабка шлифовального круга	
Наибольший угол поворота бабки в градусах	270
Наибольшее вертикальное перемещение бабки в *мм:*	
выше линии центров	150
ниже линии центров	55
Вертикальное перемещение бабки на одно деление лимба	0,02
Наибольший диаметр шлифовального круга в *мм:*	
обыкновенного	150
фасонного . .	200
Ширина шлифовального круга в *мм:*	
обыкновенного	13
фасонного	60
Механизм главного движения	
Число оборотов шлифовального круга в об/мин:	
на малом шкиве электродвигателя .	3730
на большом шкиве электродвигателя	5600
Привод станка	
Электродвигатель привода главного движения:	
мощность в *квт* .	0,65
число оборотов в об/мин	2800

щения стола. Для того чтобы ролики не сбивались, они соединены в цепи. Верхняя часть стола *4* может быть установлена под любым углом к направлению движения стола посредством рукоятки *10*. Для крепления верхней части стола приспособлений имеется Т-образный паз. Бабка шлифовального круга, установленная на круглой колонке *3*, может вместе с ней посредством рукоятки *2* повертываться на угол до ± 120°. Вертикальное перемещение колонки и бабки шлифовального круга производится вращением маховичка *6*. Быстрое продольное перемещение стола осуществляется рукояткой *14* (фиг. 214),



Фиг. 213. Общий вид универсально-заточного станка модели 3А64.

Фиг. 214. Кинематическая схема универсально-заточного станка модели 3А64.

а медленное — вращением рукоятки *12* (фиг. 213). Пуск и останов электродвигателя производится нажатием кнопок *7* и *8*. Снаружи продольный стол имеет Т-образный паз, в котором закрепляются упоры, ограничивающие ход стола.

Кинематическая схема. На фиг. 214 показана кинематическая схема станка. Вращение шлифовального круга производится от электродвигателя через ременную передачу. Для шлифовальных кругов большого диаметра движение от электродвигателя передается через шкивы с соотношением диаметров $\frac{0}{60}$, а для малых кругов — $\frac{120}{60}$. В первом случае число оборотов круга будет равно 3680 об/мин., а во втором — 5500 об/мин. Для регулирования натяжения ремня имеется рукоятка с реечным зубчатым колесом и рейка. После регулирования ремня электродвигатель закрепляется двумя стопорными болтами. Медленное продольное перемещение стола производится рукояткой *12* через планетарную зубчатую передачу, включаемую кнопкой *11*, которая имеет передаточное отношение, равное $\frac{1}{11}$ Тогда перемещение стола *4* в продольном направлении за один оборот рукоятки *12* будет равно:

$$1 \cdot \frac{1}{10} \cdot \pi \quad 14 \quad 2{,}5 = 11 \text{ мм}.$$

Быстрое продольное перемещение стола за один оборот рукоятки *14* равно:

$$1 \quad \pi \cdot 14 \cdot 2{,}5 = 110 \text{ мм}.$$

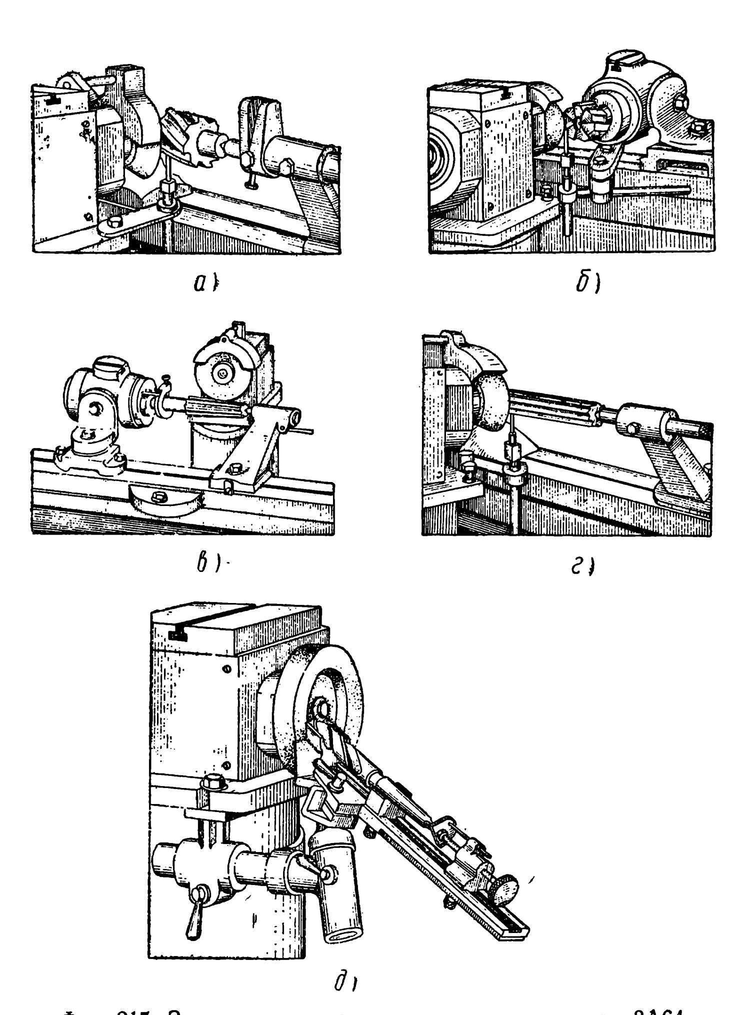
Поперечное перемещение стола производится вращением маховика *9*, закрепленного на ходовом винте с шагом $t = 2$ *мм*. Бабка шлифовального круга перемещается в вертикальном направлении маховичком *6* через червячную передачу $\frac{1}{45}$ на реечное колесо, имеющее 15 зубьев.

Поэтому за один оборот маховичка *6* бабка шлифовального круга переместится вертикально на величину:

$$1 \cdot \frac{1}{45} \cdot \pi \quad 15 \quad 2{,}5 = 2{,}61 \text{ мм}.$$

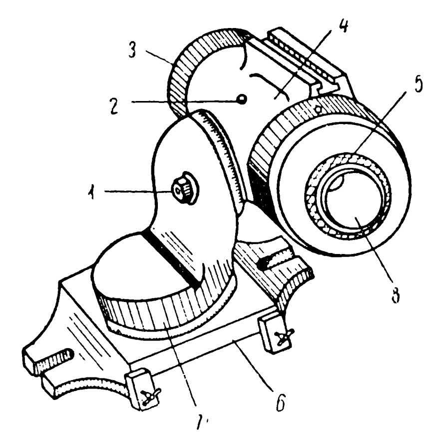
Различные виды заточки, выполняемой на станке 3А64, изображены на фиг. 215.

Универсальная заточная головка. На фиг. 216 представлена универсальная заточная головка, предназначенная для установки в ней затачиваемых инструментов под любым наклоном в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В корпусе заточной головки *4* на шарикоподшипниках вращается полый шпиндель *8*, имеющий с двух сторон конические отверстия. Одно из этих отверстий с конусом Морзе № 5 служит для закрепления затачиваемого инструмента, имеющего конический хвостовик. При помощи специальных оправок в этом отверстии можно закреплять режущий инструмент небольших размеров. С насадкой во второе коническое отверстие с конусностью 7/24 устанавливаются оправки с затяжным болтом для крепления на них крупных дисковых и торцовых фрез со вставными ножами.

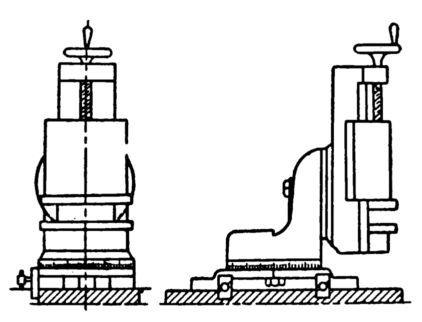


Фиг 215. Заточка режущего инструмента на станке 3А64:
а — цилиндрической фрезы с винтовым зубом; *б* — торцовой части фрезы; *в* — конической развертки; *г* — цилиндрической развертки; *д* — спирального сверла.

Вращение заточной головки производится от руки при помощи кольца *5*, закрепленного на полом цилиндре и имеющего накатку. Левое упорное кольцо *3* свободно вращается на шпинделе и может быть застопорено имеющимся в нем винтом. Положение шпинделя закрепляется винтом *2*, находящимся с верхней стороны корпуса

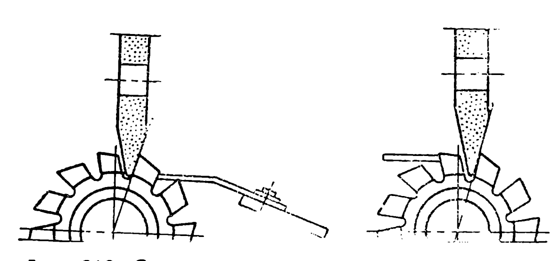


Фиг. 216. Универсальная заточная головка.



Фиг. 217. Поворотные тиски.

головки. Корпус головки крепится на угольник *7*, который в свою очередь установлен на основании *6*. Установка угольника в горизонтальной плоскости и корпуса головки в вертикальной плоскости производится с помощью делений шкалы. Положение головки крепится болтом *1* и гайкой, расположенной снизу основания *6*.



Фиг. 218. Схема установки упоров для заточки фрез.

Поворотные тиски. Поворотные тиски (фиг. 217) предназначены для крепления в различных положениях плоского режущего инструмента при его заточке. По делениям горизонтальной и вертикальной шкалы поворота производится установка инструмента в требуемое положение по отношению к кругу.

Упоры. Чтобы дать при заточке, например, фрезы определенное положение, применяют специальные упоры, установка которых показана на фиг. 218.

§ 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

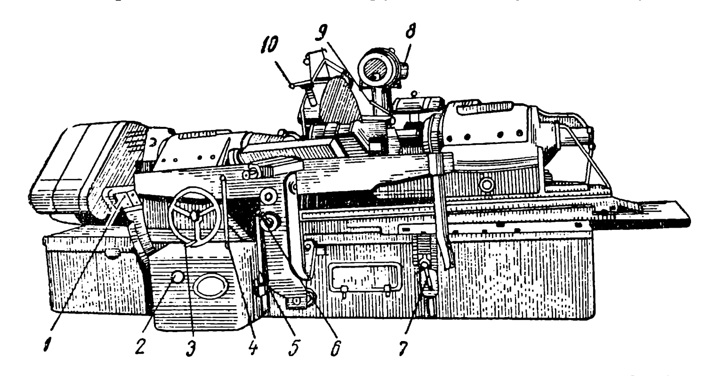
Шлифование шеек коленчатого вала относится к числу сложных шлифовальных операций. Эта сложность обусловливается: а) высокими требованиями к качеству шлифуемой поверхности; б) жесткими допусками на изготовление шлифуемых деталей; д) сложной кон-

фигурацией шлифуемых поверхностей: цилиндрической с переходами в галтели; г) необходимостью уравновешивания при шлифовании шатунных шеек; д) большим весом и длиной коленчатых валов, что неизбежно вызывает при шлифовании их прогиб.

Станки для шлифования коленчатых валов делятся на:

1. Специальные станки для шлифования коленчатых валов.
2. Специальные станки для перешлифовывания коленчатых валов.

Станки для шлифования коленчатых валов. Эти станки применяются для изготовления в условиях массового производства коленчатых валов автотракторного двигателя, приспособленных для шлифования определенного типоразмера вала. При изготовлении коленчатых валов коренные шейки шлифуют на простых круглошлифо-



Фиг. 219. Станок для шлифования коленчатых валов 3421:

1 — кнопочная станция электродвигателей шлифовальной бабки, масляного насоса и насоса охлаждения; *2* — рукоятка регулирования скорости хода стола; *3* — маховик ручного перемещения стола; *4* — рукоятка гидравлического перемещения стола; *5* — рукоятка быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки и люнета; *6* — рукоятка гидравлического зажима и отжима детали; *7* — рукоятка ручного выключения стопора стола; *8* — маховичок ручной поперечной подачи шлифовальной бабки; *9* — рукоятка осевого перемещения шпинделя; *10* — кран пуска охлаждающей жидкости.

вальных станках большой мощности, а шатунные на специальных станках. Примером специального станка для шлифования шатунных шеек коленчатого вала может служить станок модели 3421 (фиг. 219). Эти станки выпускаются станкостроительными заводами по заказу на определенный коленчатый вал согласно чертежу и техническим условиям заказчика.

Краткое описание станка. Станок полностью гидрофицирован. От гидравлического привода осуществляется: а) перемещение стола; б) быстрый подвод и отвод бабки шлифовального круга; в) рабочая подача для шлифования заплечиков шатунных шеек; г) быстрый подвод и отвод люнетов и д) крепление шлифуемого вала. Крепление вала осуществляется пружиной и системой рычагов. Кроме указанных гидравлических перемещений, станок имеет и ручные перемещения. К их числу относятся:

а) перемещение стола от маховичка;

б) осевое перемещение шпинделя шлифовального круга от руко-

ятки, расположенной на шлифовальной бабке на небольшую величину — до 2 *мм* в каждую сторону, для установки «по искре» шлифовального круга по отношению к заплечикам;

в) точная подача шлифовального круга по делениям лимба на обрабатываемую шейку вала.

При одном обороте маховичка бабка шлифовального круга перемещается на 1 *мм*. Окончательный размер шейки вала контролируется в процессе шлифования специальным индикаторным прибором.

Чередование движений в станке обеспечивается системой блокировочных устройств, которые выполняют следующие функции:

а) при быстром отводе шлифовальной бабки автоматически останавливают деталь в заданном положении, удобном для съема со станка;

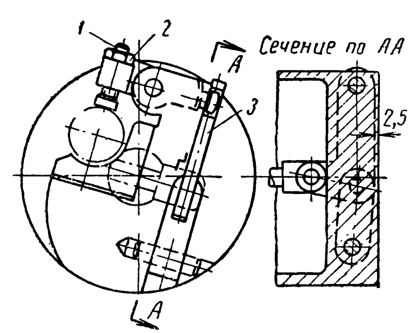
б) позволяют включать вращение вала только тогда, когда он зажат в патронах и его шатунная шейка расположена против шлифовального круга;

в) предохраняют от возможности ослабления болтов патрона при вращении вала;

г) не допускают при подведенной бабке шлифовального круга сообщать столу продольное перемещение.

Описываемый станок оборудован четырьмя электродвигателями, управляемыми от центрального пульта кнопками.

Бабка шлифовального круга. Передача вращения шпинделю шлифовального круга осуществляется от отдельного электродвигателя, установленного на корпусе бабки, посредством клиноременной передачи.



Фиг. 220. Зажимное устройство.

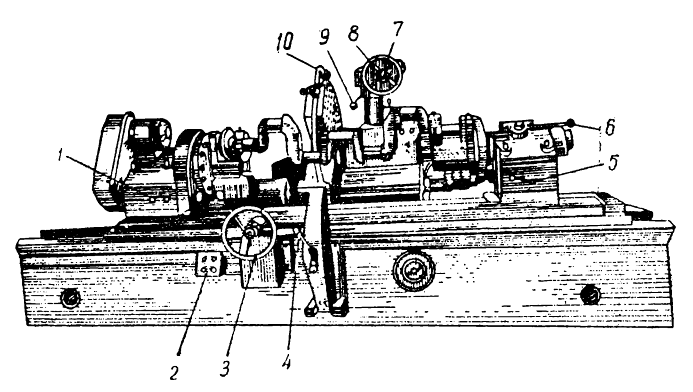
Ведущие бабки. Передняя и задняя бабки приводятся во вращение от электродвигателя, через клиноременную передачу, приводной вал и две бесшумных цепных передачи. Обе бабки ведущие. Шпиндели этих бабок вращаются в разъемных массивных чугунных подшипниках. К фланцам шпинделей крепятся патроны для зажима в них коленчатого вала. Следует обратить внимание на особенности регулирования зажима вала в патронах. Это регулирование (фиг. 220) производится винтом *1* с контргайкой *2*. Рычаг *3* при зажатом конце вала должен утопать в корпусе патрона на 1—2,5 *мм*. Коленчатый вал после установки его в призмах патрона и в момент зажима должен упираться своим базовым торцом в одну из призм и фиксироваться в определенном положении согласно наладке. Шлифуются поочередно две шейки. Для шлифования следующих двух необходимо отжать коленчатый вал и повернуть его до установленного упора.

Стол станка. На столе станка установлены передняя и задняя бабки. Для ручного перемещения стола при наладке станка имеется

маховичок. При шлифовании вала маховичок ручного перемещения автоматически выключается давлением масла в гидросистеме.

Станки для перешлифовывания коленчатых валов. Эти специальные станки применяются для перешлифовывания шатунных шеек коленчатых валов автотракторного двигателя на специальных авторемонтных заводах и в машинно-тракторных мастерских. Коленчатый вал — весьма сложная деталь двигателя. При капитальном ремонте двигателя он не заменяется, а восстанавливается. Восстановление состоит в том, что износившиеся шейки коленчатого вала перешлифовывают на меньший размер. При этом стремятся снять минимальный слой металла, измеряемый десятыми долями миллиметра, При перешлифовывании восстанавливается искаженная износом геометрическая форма шеек вала.

За срок службы двигателя допускается в среднем от трех до пяти перешлифовок шеек вала. На ремонтных заводах и в мастерских приходится ремонтировать различные автотракторные двигатели, поэтому появляется необходимость перешлифовывать шейки различных

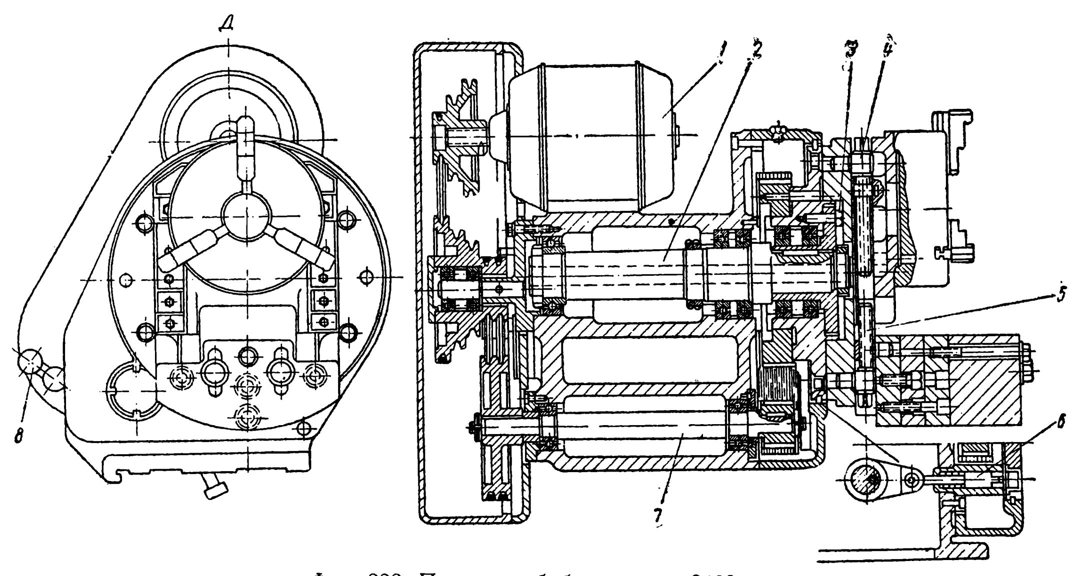


Фиг. 221. Станок 3423 для перешлифовывания коленчатых валов:

1 — рукоятка стопора планшайбы передней бабки; *2* — кнопочная станция пуска и остановки электродвигателей; *3* — маховичок ручного перемещения стола; *4* — рукоятка зажима люнета; *5* — рукоятка стопора планшайбы задней бабки; *6* — рукоятка отжима пиноли задней бабки; *7* — рукоятка компенсации износа шлифовального круга; *8* — маховик подачи шлифовальной бабки; *9* — рукоятка фиксатора быстрого отвода шлифовальной бабки; *10* — кран охлаждающей жидкости.

коленчатых валов. Следовательно, станки для перешлифовывания коленчатых валов должны быть универсальными. Однако лучше иметь для перешлифовывания коленчатых валов два шлифовальных станка: один простой — круглошлифовальный для шлифования коренных шеек вала, а второй — специальный — для шлифования шатунных шеек. Это исключает переналадки станка при переходе от шлифования шатунных шеек к коренным.

На универсальных станках этого типа можно шлифовать не только шатунные и коренные шейки коленчатых валов, а также и обычные цилиндрические детали. Из числа универсальных станков для

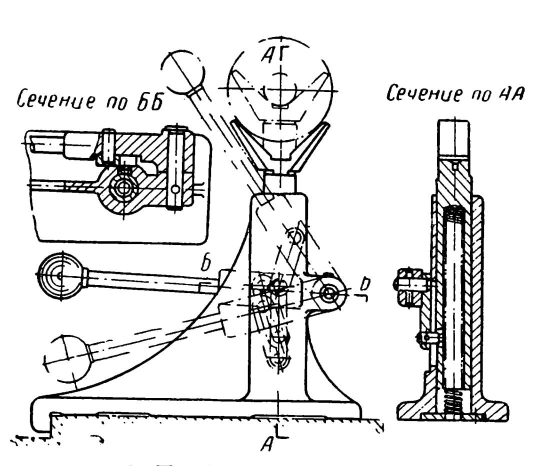


Фиг. 222. Передняя бабка станка 3423.

перешлифовывания коленчатых валов следует назвать станки моделей 3420 и 3423. Оба эти станка близки по конструкции и отличаются только размерами. Так, станок модели 3420 может шлифовать коленчатые валы длиной до 1000 *мм*, а станок модели 3423 — длиной до 1600 *мм*.

На фиг. 221 показан внешний вид станка модели 3423. Этот станок значительно отличается от станков для шлифования коленчатых валов в условиях массового производства (модель 3421).

Передняя бабка. Вращение шпинделю *2* передней бабки передается от электродвигателя *1* посредством двух ременных передач, промежуточного вала *7* и цепной передачи (фиг. 222). Шпиндель имеет три числа оборотов, получаемых перестановкой клиновидного ремня в трехручейных шкивах. Натяжение ремней и бесшумной цепи осуществляется натяжными роликами. На переднем конце шпинделя насажена планшайба, на которой укреплен патрон для шлифования шатунных шеек вала или поводок при работе в центрах. При шлифовании шатунных шеек шпиндель *2* должен вращаться, поэтому болты *3* необходимо зажать, а стопорный винт ослабить. В планшайбах передней и задней бабок имеется по одному отверстию с втулкой, в которые входят фиксаторы *6*, дающие возможность установить обе планшайбы в определенном положении. Эти фиксаторы выводятся из отверстий эксцентричными рычагами *8*, когда необходимо, чтобы планшайбы свободно вращались. Трехкулачковые самоцентрирующие патроны или призматические зажимы можно смещать от центра по планшайбе, обеспечивая возможность крепления коленчатых валов с различными радиусами кривошипов (от 0 до 110 *мм*). Винтом *4* перемещается самоцентрирующий патрон по направляющим планшайбы, а винтом *5* — балансировочные грузы.



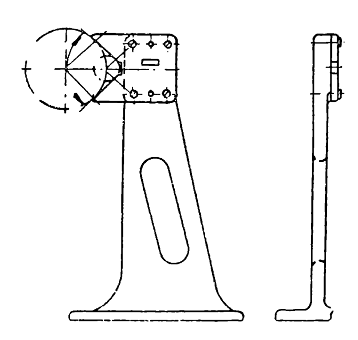
Фиг. 223. Прибор для установки коленчатого вала по горизонтали.

Задняя бабка. Шпиндель задней бабки вращается в подшипниках. Конструкция планшайбы такая же, как и конструкция планшайбы передней бабки. Для шлифования в центрах внутри шпинделя задней бабки имеется пиноль.

Люнет. Люнет постоянно закреплен на станине станка перед шлифовальным кругом. Корпус люнета имеет шарнир, позволяющий быстро его отводить от коленчатого вала.

Наладка станка для шлифования шатунных шеек. При установке коленчатого вала зажимные патроны передней и

задней бабок фиксируются в верхнем положении. Затем устанавливается по масштабным линейкам планшайбы радиус кривошипа. После этого подводятся к шейкам вала кулачки патрона и специальными приборами (фиг. 223) производится установка коленчатого вала по горизонтали и вертикали (фиг. 224). Установив таким образом коленчатый вал, зажимают его в патроне или призмах и приступают к окончательной выверке по индикатору.



Фиг. 224. Прибор для установки коленчатого вала по вертикали.

Выверив вал по индикатору, закрепляют винтами кулачки патрона.

Прежде чем начать шлифование, установленный вал следует тщательно отбалансировать. Балансирование производится перемещением грузов на планшайбах передней и задней бабок.

§ 11. ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Зубошлифование как метод окончательной отделки зубчатых колес — операция сложная и дорогая. При термической обработке зубчатых колес, в особенности при тонкостенных ступицах, происходит искажение формы зубьев колеса и биение их. В этих условиях шлифование является наиболее производительным методом отделки закаленных зубьев. Оно позволяет получить зубчатые колеса любого класса точности, правильную эвольвентную форму зуба и высокую степень чистоты рабочих поверхностей зубьев.

Основные методы зубошлифования. Зубошлифование может осуществляться двумя принципиально различными методами шлифования рабочих поверхностей зубьев: а) методом копирования с помощью фасонного копира и б) методом обкатки с помощью дисков и лент. По первому методу шлифуются цилиндрические зубчатые колеса с прямыми и винтовыми зубьями, а по второму — цилиндрические и конические колеса с прямыми и спиральными зубьями. При зубошлифовании копированием шлифовальному кругу придается с помощью алмазов профиль, соответствующий профилю впадины зубчатого колеса (фиг. 225, *е*). Такой круг обрабатывает одновременно обе боковые поверхности двух соседних зубьев, галтели и впадину.

Основными преимуществами метода копирования являются:

а) более высокая производительность по сравнению с другими зубошлифовальными станками;

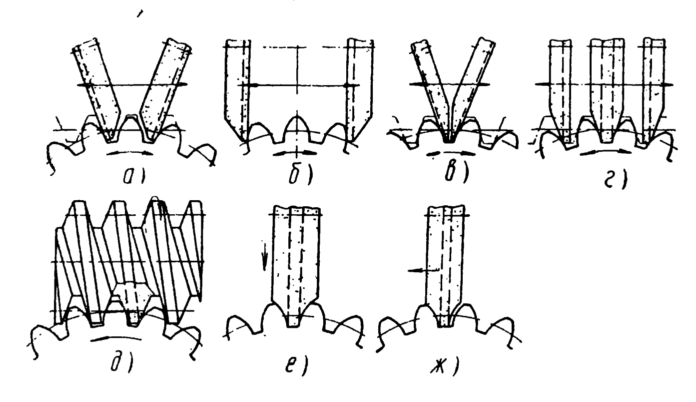
б) возможность шлифовать зубья различных форм.

К недостаткам метода копирования следует отнести необходимость применения сложных приспособлений для правки круга. Так, например, в станке системы Оркут для одновременной правки обеих сторон круга используются три алмаза. Эти алмазы при движении направляются пантографами от специальных сменных шаблонов. Шаблоны имеют профили шлифуемого зуба, увеличенного в несколь-

ко раз. Для каждого модуля, числа зубьев и угла зацепления обрабатываемого колеса необходимо иметь свой шаблон. Смена шаблонов занимает много времени. На фиг. 225, *ж* показана разновидность зубошлифования по методу копирования, когда применяется односторонний шлифовальный круг.

Точность шлифования характеризуется следующими величинами погрешностей: по шагу — 0,005 *мм*; по профилю — 0,0025—0,005 *мм;* на биение — 0,025 *мм.*

Метод обкатки состоит в том, что в процессе шлифования зубчатого колеса создаются именно те движения, которые имеют место при его работе с рейкой (фиг. 225, *а, б, в, г*) червяка и червячного колеса. Торцовые поверхности двух или большего числа шлифовальных



Фиг. 225. Основные методы зубошлифования.

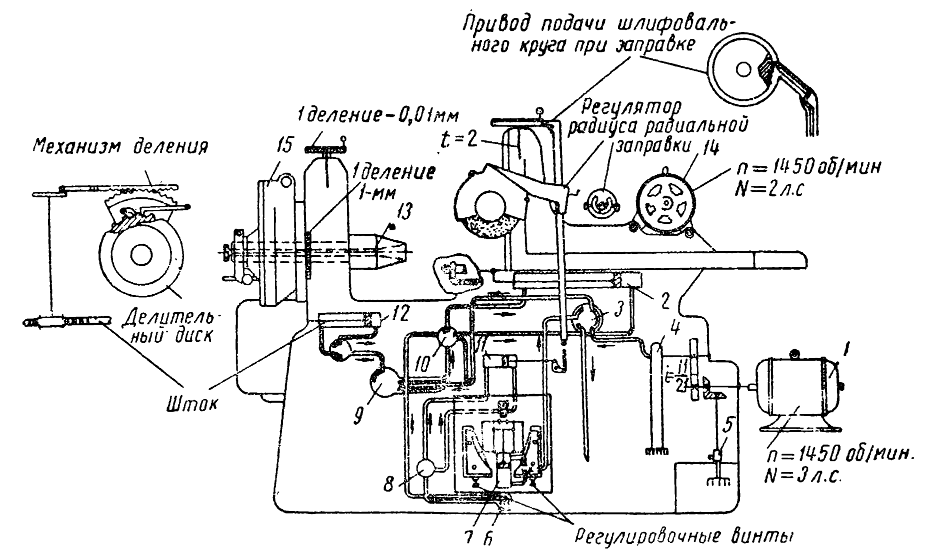
кругов находятся в плоскости боковых сторон зубьев воображаемой рейки. По этой рейке при шлифовании катится обрабатываемое колесо без скольжения. Оно совершает поступательное и вращательное движение, при котором шлифуется один зуб. После этого необходимо отвести заготовку от шлифовальных кругов и повернуть ее на следующий зуб. Между шлифуемым зубчатым колесом и кругом теоретически существует линейный контакт, в действительности шлифование происходит по узким поверхностям. Поэтому в работе участвует небольшое число абразивных зерен, чем и объясняется низкая производительность зубошлифовальных станков, работающих по методу обкатки. Основное преимущество метода обкатки состоит в том, что можно получить теоретически правильную эвольвентную форму зуба. Форма шлифовального круга простая. Шлифовальные круги автоматически правятся через определенные промежутки времени. На фиг. 225, *д* показана схема шлифования зубчатого колеса абразивным червяком. Это новое направление в зубошлифовании нашло впервые применение в СССР по предложению изобретателя Васильчука. Однозаходный абразивный червяк диаметром 300 *мм* совершает при шлифовании колеса два движения: а) вращательное вокруг своей оси (главное движение) и б) поступательное вдоль оси заготовки (движение подачи).

Зубошлифовальные станки. Зубошлифовальные станки разделяются на две основные группы:

1. Станки, работающие по методу копирования.

2. Станки, работающие по методу обкатки.

Зубошлифовальный станок Оркут 12″ На фиг. 226 показана схема станка Оркут. Станок работает по методу копирования фасонным двусторонним кругом. Шлифовальный круг вращается со скоростью 30—33 *м/сек.* Кроме того, он совершает возвратно-поступательное движение в горизонтальном направлении со скоростью 8—16 *м/мин,* шлифуя одновременно две боковые поверхности и впадину зуба. Обрабатываемое зубчатое колесо закрепляется на горизон-



Фиг. 226. Схема станка Оркут 12″.

тальной оправке и при шлифовании остается неподвижным. Поворот обрабатываемого колеса на один или несколько зубьев осуществляется автоматически в конце холостого (возвратного) хода шлифовального круга, после чего деталь фиксируется, и процесс шлифования повторяется снова. За исключением вращения шлифовального круга все остальные движения гидрофицированы.

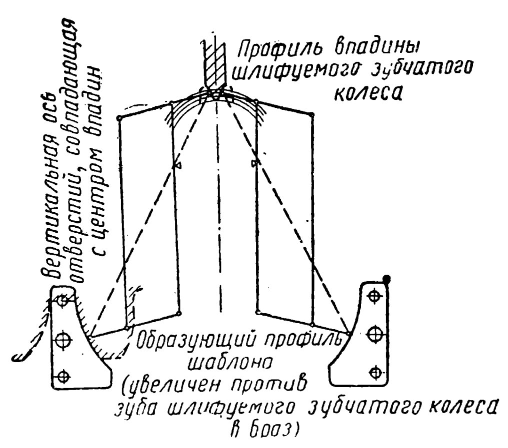
Главное движение. Шпиндель шлифовального круга, работающий в подшипниках качения, приводится во вращение ременной передачей от электродвигателя *13* мощностью в 2 *л. с.,* установленного на салазках бабки шлифовального круга.

Гидравлическая система станка. Гидравлическая система приводится в действие электродвигателем *1* и состоит из главного насоса *2,* пускового клапана *3,* клапана распределения *4,* клапана *5*, регулирующего движение шлифовальной бабки, клапана *6* для регулирования подачи круга на правку, пускового клапана *7,* заправляющего механизма и четырех цилиндров: цилиндра *8*

для движения бабки шлифовального круга, цилиндра *9* делительного механизма, цилиндра *10* механизма правки круга и цилиндра *11* подачи круга на правку. От электродвигателя *1* через пару конических колес приводится во вращение насос охлаждения *12*.

По горизонтальным направляющим станины перемещаются салазки бабки шлифовального круга, по вертикальным направляющим бабка перемещается к правящим алмазам. Салазки совершают возвратно-поступательные движения и за каждый ход шпинделя шлифуют одну впадину. Скорость обратного хода больше скорости прямого хода на 50%.

Обрабатываемое колесо устанавливается на оправке шпинделя *14* делительной головки *15*, которая может перемещаться по вертикальным направляющим. С помощью делительного механизма деталь периодически повертывается на нужное число зубьев. При подаче к цилиндру *8* распределительный клапан *4* выключает механизм деления, а во время деления клапан *4* выключает поступательное движение бабки шлифовального круга. Число двойных ходов ползуна этой бабки регулируется в пределах 7—31 в минуту.

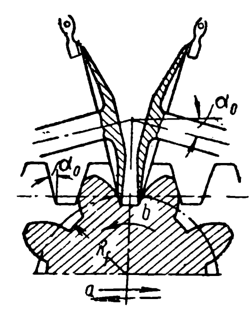


Фиг. 227. Схема пантографа.

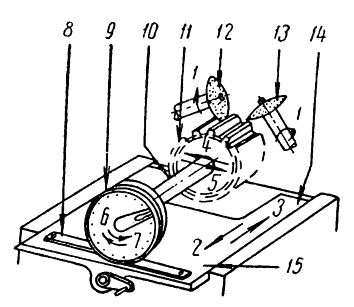
П р а в к а   к р у г а. Правка круга осуществляется тремя алмазами, укрепленными в пантографе, схема которого приведена на фиг. 227. Под шлифовальным кругом в специальном приливе станины находится механизм для правки, состоящий из пантографа и шаблонов, с помощью которых профилируется шлифовальный круг. При наладке этого механизма необходимо строго следить за тем, чтобы ось обрабатываемого зубчатого колеса совпадала с осью пантографа. Правка шлифовальных кругов производится полуавтоматически и осуществляется за пять проходов алмаза, из которых три — при подаче круга на 0,05 *мм* за каждый ход и два — без подачи. Общая продолжительность правки составляет 20—55 сек. Скорость правки регулируется клапаном. В целях более равномерного распределения износа шлифовального круга рекомендуется производить поворот детали через несколько зубьев, а не через один. Продолжительность шлифования одного зуба колеблется в пределах от 6 сек. до 2 мин.

Зубошлифовальный станок Мааг. Станок работает по методу обкатки двумя кругами тарельчатой формы (фиг. 228), образующими своими поверхностями зуб рейки заданного угла зацепления и приводимыми во вращение от индивидуальных электродвигателей.

Деталь укрепляется в центрах или же на оправке на столе под кругами. На фиг. 229 показана схема работы станка Маага. Шлифовальные круги *12* и *13* вращаются по направлению стрелок *1—1*. Салазки *14* стола движутся возвратно-поступательно (стрелки *2—3*). Оправка *10* с обрабатываемой деталью *11* имеют дополнительное возвратно-поступательное движение по стрелкам *4—5*. Диск *9*, соеди-

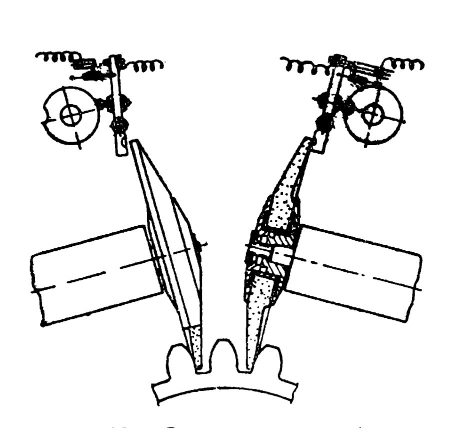


Фиг. 228. Схема шлифования зубьев.

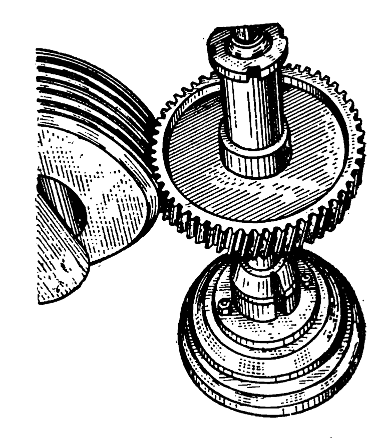


Фиг. 229. Схема работы зубошлифовального станка Мааг.

ненный с оправкой, охвачен стальными лентами *8* и *15*, укрепленными на салазках. Поэтому при перемещении стола по стрелкам *4—5* диск *9* будет обкатываться по лентам *8* и *15* и тем самым сообщать



Фиг. 230. Схема приспособления для правки круга.



Фиг. 231. Шлифование зубьев колеса абразивным червяком.

зубчатому колесу *11* движение, подобное качению его по рейке. Для получения точной эвольвенты диск *9* должен быть равен диаметру основной окружности. По направлению стрелок *6* и *7* происходит вращение барабана *9*. После каждого прохода происходит деление колес на один зуб.

На фиг. 230 показан механизм для правки круга. При износе шлифовального круга рычаг переместится, замкнет электрическую

цепь и этим самым включит механизм правки шлифовального круга. Таким образом происходит автоматическая правка круга через каждые 6 сек.

Станок, работающий червячным абразивным кругом. По предложению советского инженера Васильчука изготовлен зубошлифовальный станок модели 5830 (фиг. 231). Принцип его работы основан на принципе зацепления червяка и зубчатого колеса. Абразивный однозаходный червяк диаметром 300 *мм* совершает во время работы два движения:

а) вращательное вокруг своей оси со скоростью 22—30 *м/сек*; это движение называют главным;

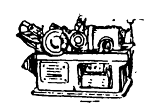
б) поступательное вдоль оси заготовки со скоростью 0,6 *мм* за оборот стола, иначе называемое движением подачи.

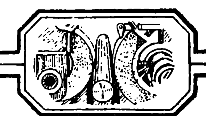
Заготовка во время шлифования также имеет два движения:

а) вращательное вокруг своей оси, согласованное с вращательным движением абразивного червяка, иначе называемое обкаточным или делительным;

б) периодическое радиальное, или подача на врезание.

Шлифование колес модуля 0,5 до 1,5 *мм* ведется по целому металлу — без предварительного фрезерования зубьев. Правка абразивного червяка осуществляется накатниками или алмазными дисками.





ГЛАВА XVII

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

§ 1. ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ

Наукой доказано, что принципиальной разницы в законах резания металлов металлическими и неметаллическими инструментами не существует. При всех процессах резания имеют место последовательный сдвиг и скалывание элементов стружки клином инструмента, к которому приложена определенная сила. Каждый процесс резания металлов, в том числе и шлифование, кроме общих закономерностей, имеет свои особенности, присущие этому процессу. Шлифование представляет собой массовое царапание металла с обрабатываемой поверхности очень большим числом абразивных зерен, беспорядочно расположенных на рабочей поверхности шлифовального круга и имеющих произвольную геометрию. Абразивные зерна имеют преимущественно отрицательные передние углы и снимают тончайшие стружки при весьма высоких скоростях резания. Общие закономерности резания металлов при шлифовании, прежде всего, проявляются в том, что стружка при этом процессе хотя и меньше во много раз по своим размерам стружки, снимаемой металлическими инструментами, тем не менее мало отличается от них по своему характеру и форме. Зависимость между сечением снимаемой стружки и мощностью, необходимой для резания, также подтверждает сходство законов резания при шлифовании с законами резания металлическими инструментами. Во многом аналогично и влияние охлаждения. Однако процесс шлифования имеет свои особенности. Так, если при работе металлическими инструментами их режущей части им можно придать наивыгоднейшую геометрию, то с зернами шлифовального круга этого сделать нельзя. Поэтому шлифование имеет свои зависимости между сечениями стружки и скоростью резания.

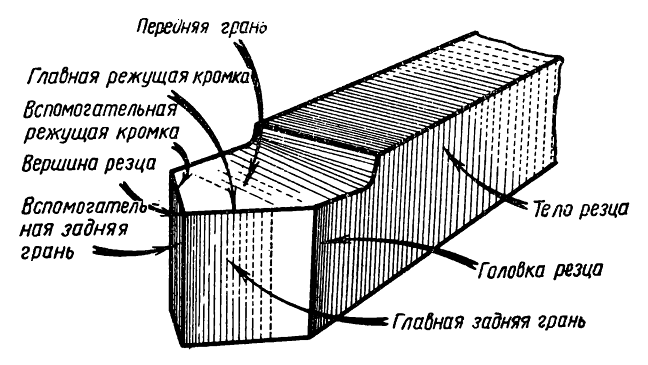
Работа шлифовального круга имеет много общего с работой такого металлического инструмента, как фреза. Поэтому шлифовальный круг иногда рассматривают как фрезы с очень большим количеством зубьев. Тем не менее между режущими элементами фрезы и круга есть существенное различие: фреза имеет сплошную режущую кромку, а шлифовальный круг прерывистую.

Все это дает возможность рассматривать процесс шлифования, как особую разновидность единого процесса резания металлов.

Шлифование — очень сложный процесс, зависящий от целого ряда обстоятельств и в том числе от свойств шлифовального круга и материала детали, размеров детали и круга, режима резания при шлифовании, охлаждения, состояния станка и многих других.

§ 2. ПОНЯТИЕ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ РЕЗЦАМИ И ФРЕЗАМИ

Обработка резцами. Для обработки металлов резанием пользуются различными инструментами, которые отличаются друг от друга как по своей величине, так и по конструкции. Обычный токарный или строгальный резец (фиг. 232) является основой конструкции всех остальных видов режущих инструментов.

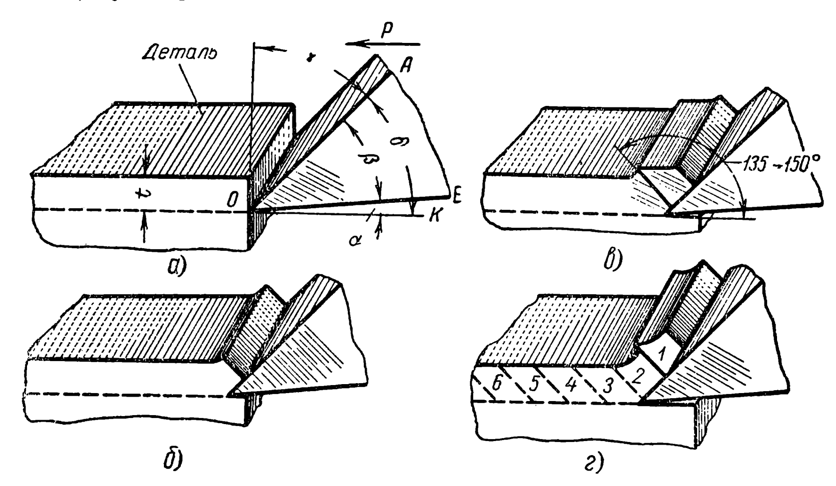


Фиг. 232. Резец.

Режущая часть резца (фиг. 233) представляет собой клин, который имеет две грани (поверхности): *ОА* — переднюю и *ОЕ* — заднюю. Задняя грань *ОЕ* служит для уменьшения трения резца о поверхность детали и образует с ней некоторый угол *ЕОК*. Под действием силы *Р*, которая передается детали или резцу, передняя грань этого инструмента сжимает слой обрабатываемого материала и, преодолев внутренние силы его сцепления, срезает частицу материала и благодаря наклону передней грани резца отводит эту частицу вверх.

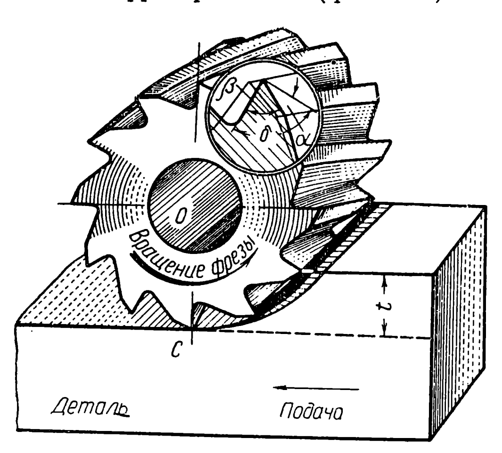
Отделенную частицу металла называют элементом стружки. Такие элементы стружки показаны на фигуре цифрами *1—6*. Если действие силы *Р* продолжается, то резец, срезая с детали элемент за элементом, снимает с нее слой глубиной *t* (фиг. 233, *а*). Резец, изображенный на фиг. 232, состоит из: а) головки, т. е. рабочей части резца; б) тела, или стержня, служащего для закрепления резца в супорте или державке. Рассмотрим элементы головки резца. Передней гранью резца называется поверхность резца, по которой сходит стружка. Задними гранями называются поверхности, обращенные к обрабатываемой поверхности детали. Режущие кромки образуются пересечением передней и задней граней и разделяются на главную режущую кромку, выполняющую главную работу резания, и вспомогательную режущую кромку. Вершиной резца называется место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

В зависимости от обрабатываемого материала заострение головки резца делается различным. Образующие его углы имеют следующие названия: а) передний угол γ; б) задний угол α; в) угол заострения β; угол резания δ.



Фиг. 233. Схема образования стружки:
а, б, в и *г* — начальный и последующие моменты резания (цифрами показаны элементы стружек).

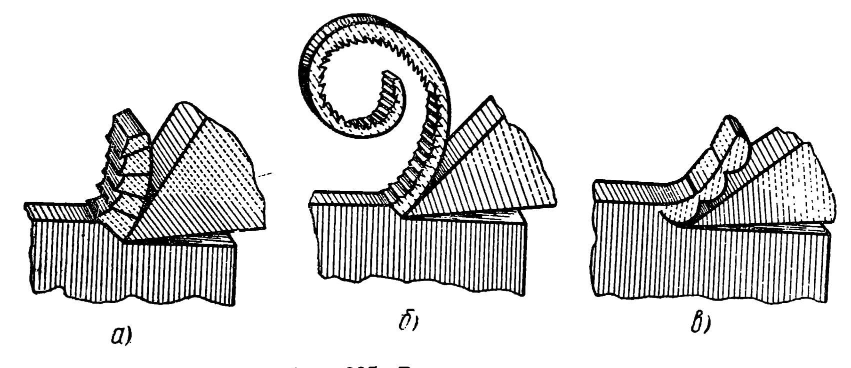
Обработка фрезами. Обратимся к более сложному процессу резания — фрезерованию (фиг. 234). В качестве режущего инструмента здесь применяется фреза. Фреза представляет собой цилиндрическое тело, снабженное многими режущими зубьями. Таким образом, фреза — инструмент многорезцовый. На фиг. 234 в круге показан зуб фрезы, который мало чем отличается от резца. Углы, образующие этот зуб, такие же, как и у токарного резца. При работе фреза вращается вокруг своей оси, а обрабатываемая деталь перемещается влево, навстречу ее вращению. Резание начинается в тот момент, когда режущая кромка зуба фрезы находится на вертикальной линии *OC*, вследствие чего каждый зуб снимает такую стружку, толщина которой постепенно увеличивается от наименьшей до наибольшей. Форма стружки получается в виде запятой. Толщина слоя *t*, снимаемого за один проход фрезы, называется глубиной фрезерования.



Фиг. 234. Процесс фрезерования.

Зуб всякого режущего инструмента, как было уже указано, выполняется в виде клина, который врезается в обрабатываемый материал, и преодолевая силу сцепления его частиц, снимает стружку, состоящую из отдельных элементов.

Металлы средней твердости дают при резании стружку, элементы которой связаны между собой довольно прочно. Эти элементы имеют вид ступеней, благодаря чему такая стружка получила название стружки скалывания или ступенчатой (фиг. 235, *а*). При обработке мягких металлов элементы стружки настолько прочно соединены между собой, что их с трудом можно отличить друг от друга; стружка представляет собой сплошную ленту, достигающую иногда значительной длины. В этом случае получается сливная стружка (фиг. 235, *б*). При обработке хрупких металлов, например чугуна,



Фиг. 235. Виды стружек:
а — скалывания; *б* — сливная; *в* — надлома.

иногда получается так называемая стружка надлома (фиг. 235, *в*). В отличие от стружки скалывания стружка надлома имеет неровную поверхность со стороны, обращенной к резцу, и гладкую — с противоположной стороны.

Образование стружки при шлифовании. Обработку металлов шлифовальным кругом можно сравнить с фрезерованием. Зерна шлифовального круга, как и зубья фрезы, могут быть уподоблены резцам. Таких резцов у шлифовального круга может быть больше или меньше в зависимости от его зернистости. Число одновременно режущих зерен круга исчисляется десятками тысяч для кругов малых диаметров и сотнями тысяч для кругов больших диаметров и высоты. Так, например, для круга диаметром 400 *мм*, высотой 40 *мм* и зернистостью 36 число режущих зерен, расположенных на периферии круга, будет не менее 200 тысяч.

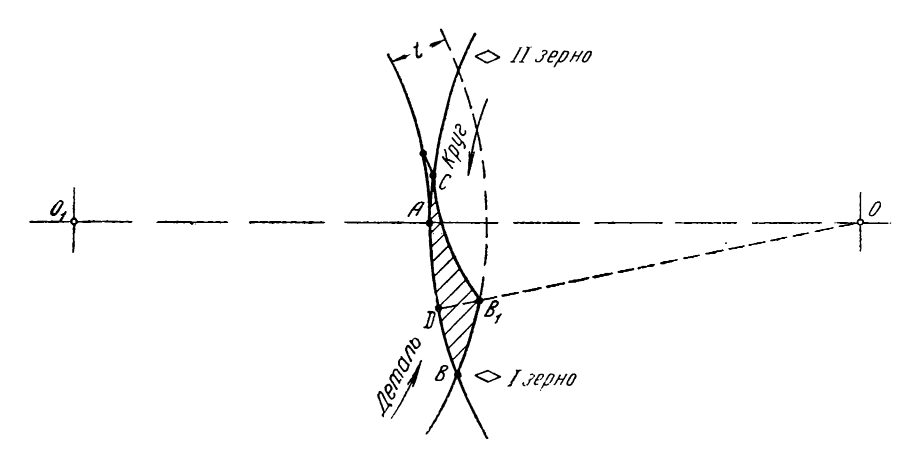
Рассматривая стружку, получаемую при шлифовании различных металлов, под микроскопом, можно установить ее сходство со стружкой при токарных, строгальных и фрезерных работах. Это сходство показывает, что законы резания металлов стальными инструментами применимы и для процесса шлифования.

Процесс отделения стружки можно представить в следующем виде: острая кромка зерна, врезаясь в металл, сдавливает его; при дальнейшем движении зерна давление растет и, когда оно превзойдет силу сцепления частиц металла, происходит отделение стружки. Этот процесс течет непрерывно, а для отдельного зерна — исключительно быстро.

§ 3. ОБРАЗОВАНИЕ СТРУЖКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Для установления толщины стружки рассмотрим работу шлифовального круга при круглом наружном шлифовании.

Допустим, что шлифовальным кругом, имеющим радиус DO (фиг. 236), обрабатывают деталь по радиусу AO, снимая им за один проход толщину t. При подаче круга на деталь его абразивные зерна врезаются в металл и начинается процесс шлифования. Пусть в некоторый момент круг и деталь занимают положение, показанное на



Фиг. 236. Схема процесса снятия стружки при круглом внешнем шлифовании.

фигуре. Шлифовальный круг вращается с большой окружной скоростью $v_к$, а шлифуемая деталь с окружной скоростью $v_д$ примерно в 100 раз меньшей.

Можно предположить, что в точке C на поверхности круга имеется только одно режущее зерно. Тогда при вращении круга по стрелке это зерно пройдет путь CB и переместится в точку B. Вследствие подачи детали в направлении стрелки будет перемещаться и точка B, которая благодаря меньшей подаче детали по сравнению со скоростью круга пройдет за это время меньший путь. Предположим, что точка B прошла путь BB_1 и переместилась в точку B. Следовательно, зерно снимает стружку, которая имеет форму заштрихованного участка CBB_1. Из фиг. 236 видно, что в начале резания (в точке C) толщина стружки равна нулю, затем она возрастает и, достигнув наибольшей величины в точке B_1, начинает убывать и в точке B снова станет равной нулю.

Расстояние DB_1 представляет наибольшую толщину стружки, снимаемую одним абразивным зерном. В действительности же на поверхности круга между точками D и B_1 находится большое число абразивных зерен, но каждое из них работает так же, как и рассмотренное нами. Поэтому для любого круга, работающего по этой схеме, толщина стружки, снимаемая каждым зерном, будет равна отрезку DB_1, поделенному на число зерен z, находящихся между точками D и B_1, т. е.:

$$a = \frac{CB_1}{z}$$

Для круглого наружного шлифования толщина стружки, срезаемая каждым зерном, определяется по формуле, которая получена из геометрического построения:

$$a = \frac{v_\partial}{30 v_\kappa z} \sqrt{t\left(\frac{1}{D_\kappa} + \frac{1}{D_\partial}\right)},$$

где a — толщина стружки, срезаемой каждым зерном в *мм*;
v_∂ — окружная скорость шлифуемой детали в *м/мин*;
v_κ — окружная скорость круга в *м/сек*;
z — число зерен содержащихся в единице длины круга;
D_κ и D_∂ — диаметры круга и детали в *мм*.

Из этой формулы видно, что толщина стружки, срезаемой одним зерном, зависит от окружной скорости круга и детали, глубины резания, зернистости круга и диаметров круга и детали. Рассмотрим, как влияют отдельные составляющие на толщину стружки, срезаемой абразивным зерном.

Влияние окружной скорости круга. С увеличением окружной скорости шлифовального круга толщина стружки уменьшается, и наоборот. Нормальной окружной скоростью круга следует называть такую скорость, при которой каждое абразивное зерно нагружено так, что его выпадение из круга происходит немедленно после затупления зерна. При такой скорости шлифовальный круг дает наибольшую производительность и наименьший износ. При скоростях меньше нормальной наблюдается повышенный износ круга, объясняемый тем что при снижении окружной скорости увеличивается толщина стружки.

При работе с большими скоростями круга каждое абразивное зерно работает со значительно меньшей нагрузкой и вследствие этого медленнее затупляется. Поэтому работать с большими скоростями экономически выгоднее.

Однако следует помнить, что с увеличением скорости круга увеличивается и центробежная сила, которая при чрезмерно большой скорости может превзойти допустимые величины и вызвать разрыв круга. Это очень опасно для работающих.

Влияние зернистости круга. Зернистость круга в формуле выражена числом зерен, приходящихся на единицу длины круга. Чем больше это число, тем круг более мелкозернист. Толщина стружки,

снимаемая каждым зерном такого круга, меньше. Наоборот, если число зерен на этой же единице длины круга меньше, толщина стружки, снимаемой каждым зерном, увеличивается.

Влияние диаметра круга. По мере износа шлифовального круга окружная скорость его уменьшается, а толщина стружки увеличивается. Если с уменьшением диаметра круга, вызываемого износом, соответственно не увеличивается число его оборотов, то толщина стружки постепенно увеличивается. Отсюда вывод: следует работать кругами большего диаметра и увеличивать число их оборотов соответственно уменьшению диаметра. Если такое увеличение не допускается конструкцией станка, нужно сменить круг и использовать его на других станках с более высоким числом оборотов.

Влияние скорости детали. С увеличением скорости или, иначе, подачи детали пропорционально увеличивается толщина стружки и соответственно возрастают усилия, испытываемые каждым абразивным зерном шлифовального круга; в результате этого увеличивается износ круга. Чтобы избежать повышенного износа, следовало бы воспользоваться более твердыми кругами. Однако это невыгодно, так как чем тверже круг, тем больше его склонность к быстрому засаливанию. Если при нормальной скорости круга наблюдается повышенный износ его, следует уменьшить подачу детали, одновременно несколько увеличив глубину шлифования. Если круг засаливается, то надо увеличить подачу детали и одновременно уменьшить глубину шлифования или взять более мягкий круг.

Влияние диаметра детали. При шлифовании деталей с цилиндрическими поверхностями больших диаметров и увеличении скорости вращения деталей толщина стружки увеличивается незначительно. Наоборот, при шлифовании деталей малых диаметров толщина стружки увеличивается.

На практике для шлифования деталей малых диаметров берут обычно круги более высокой твердости, чем для деталей больших диаметров, и работают со значительно меньшими продольными подачами или с меньшими подачами детали.

Влияние глубины шлифования. С увеличением глубины шлифования или поперечной подачи соответственно увеличивается толщина стружки. Наибольшая величина поперечной подачи, которую можно допустить при правильно выбранном круге и соответствующей скорости круга и подаче детали, зависит от мощности станка. Таким образом, если допускает характер шлифования, величина поперечной подачи может быть очень большой.

Влияние продольной подачи. Продольной подачей называется путь, проходимый деталью или шлифовальным кругом в направлении оси круга за один оборот или ход детали. Продольная подача исчисляется при круглом шлифовании в долях от высоты круга и колеблется обычно в пределах:

$$s = (\text{от } 0{,}5 \text{ до } 0{,}8)\ H\ \textit{мм},$$

где s — продольная подача;

H — высота круга.

Производительность шлифования. Количество металла, снимаемого при круглом шлифовании в единицу времени, определяется по формуле

$$g = \pi D_\partial n_\partial st\gamma,$$

где g — количество металла в *кг;*
D_∂ — диаметр детали в *мм;*
n — число оборотов детали в мин.;
γ — удельный вес металла;
s — продольная подача в *мм*;
t — глубина шлифования в *мм.*

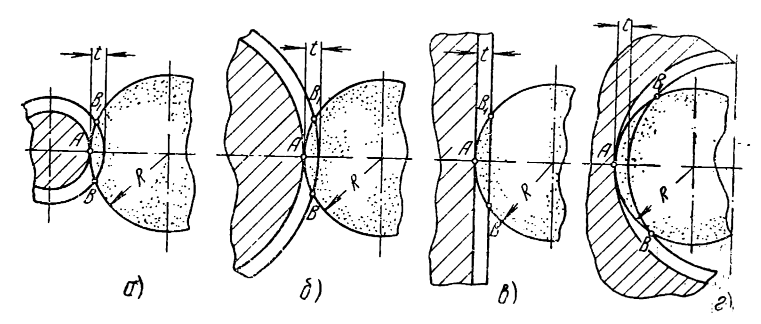
Но так как $\pi D_\partial n_\partial$ представляет собой скорость детали v_∂, то

$$g = v_\partial st\gamma \text{ кг}.$$

Как черновое, так и чистовое шлифование обычно ведется с большими продольными подачами и с наибольшей высотой круга. Выбирать величину продольной подачи больше выссты круга не допускается, так как это ведет к браку детали.

§ 4. ВЛИЯНИЕ ДУГИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ

Процесс шлифования происходит в результате соприкосновения поверхности шлифовального круга с поверхностью детали. Дуга окружности шлифовального круга, соприкасающаяся с деталью, называется дугой соприкосновения. Рассмотрим, как изменяется размер



Фиг. 237. Размер дуги соприкосновения круга с деталью при различных видах шлифования:

а — наружное шлифование малых диаметров; *б* — наружное шлифование больших диаметров; *в* — плоское шлифование: *г* — внутреннее шлифование.

дуги соприкосновения в зависимости от видов шлифования. В зависимости от вида шлифования, размеров круга и детали длина дуги соприкосновения в каждом отдельном случае имеет свою величину.

На фиг. 237 показано, как изменяется дуга соприкосновения *AB* в зависимости от вида шлифования. Для большей наглядности радиус шлифовального круга *R* и глубина шлифования *t* во всех случаях приняты одинаковыми. Чем больше дуга соприкосновения, тем длин-

нее снимаемая стружка и тем тяжелее условия работы шлифовального круга. Такие условия работы объясняются тем, что при большей дуге соприкосновения развивается больше тепла, а условия теплоотвода остаются прежними. Также больше возможность засорения круга снимаемой стружкой. При наружном шлифовании, когда диаметр детали меньше диаметра круга, дуга соприкосновения невелика (фиг. 237, *а*). На фиг. 237, *б* показана схема круглого наружного шлифования, когда диаметр детали больше диаметра круга; а на фиг. 237, *в* — плоское шлифование периферией круга. На фиг. 237, *г* приведена схема внутреннего шлифования, имеющего наибольшую дугу соприкосновения.

При большой дуге соприкосновения следует работать с меньшей глубиной резания, чтобы снимаемая стружка была тоньше, а сопротивление резанию меньше. При этом следует применять более мягкие круги. Для лучшего отвода тепла обрабатываемые поверхности должны обильно и непрерывно охлаждаться жидкостью.

§ 5. ТЕПЛОТА, ОБРАЗУЮЩАЯСЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В процессе шлифования возникает теплота, образующаяся в результате внешнего трения абразивных зерен об обрабатываемую поверхность и, главным образом, в результате трения частиц металла друг о друга при снятии стружки. Существование последнего источника теплоты подтверждается, например, тем, что подобное нагревание металла можно получить, если мягкую стальную проволоку диаметром 2—3 *мм* сгибать то в одну, то в другую сторону. Чем быстрее и больше изгибать проволоку, тем сильнее она нагревается в месте изгиба.

При шлифовании выделяется больше теплоты, чем при резании металлическими инструментами, так как условия шлифования резко отличаются от условий резания названными инструментами. Во-первых, окружные скорости круга при шлифовании значительно превышают скорости резания обычными резцами. Во-вторых, что особенно важно, абразивные зерна, как правило, имеют отрицательные (тупые) передние углы, вследствие чего значительная часть энергии затрачивается на преодоление отталкивания шлифовального круга от детали, а стружка получается более мелкой. Все это способствует еще большему выделению тепла, а плохая теплопроводность шлифовального круга способствует почти полному переходу всей теплоты в деталь.

При шлифовании металлов различают мгновенную температуру резания, развивающуюся в момент снятия стружки, и установившуюся температуру поверхности детали. Мгновенная температура на участках детали, непосредственно находящихся в зоне резания, достигает больших величин. Иногда она повышается настолько, что материал стружки размягчается, спекается и даже плавится. Это приводит к порче поверхностного слоя детали — шлифовочным ожогам, шлифовочным трещинам и другим дефектам поверхности.

Шлифовочный ожог. Под шлифовочным ожогом следует понимать местное изменение структуры поверхностного слоя шлифуемой детали в сторону ухудшения ее качества под воздействием высоких мгновенных температур. Шлифовочный ожог уменьшает твердость и износостойкость поверхностного слоя. Причины появления ожогов следующие:

а) завышенный режим шлифования; например, шлифование с весьма большой толщиной снимаемого слоя приводит к чрезмерно большому давлению шлифовального круга на поверхность детали и обильному выделению теплоты;

б) неудачный подбор шлифовального круга; слишком высокая твердость круга вызывает большое трение между кругом и деталью, сопровождающееся повышенным выделением теплоты;

в) недостаточное охлаждение при шлифовании закаленных сталей;

г) биение круга, небрежная наладка шлифовального станка, некачественная установка детали в центрах станка.

Шлифовочные ожоги опознаются по наличию на поверхности детали цветов побежалости. Если степень ожога невелика, то последующим шлифованием можно удалить поврежденный слой и получить поверхность, свободную от этого дефекта.

Шлифовочные трещины. Шлифовочные ожоги часто сопровождаются шлифовочными трещинами, имеющими место особенно при шлифовании закаленных сталей. Такие трещины бывают видны на поверхности детали в виде сетки мельчайших трещин, расположенных чаще всего перпендикулярно направлению шлифования. Причина их возникновения в чрезмерно высоких режимах шлифования, неудачно подобранном или затупившемся в работе шлифовальном круге. Все это вызывает слишком сильное нагревание детали в зоне резания и, как только этот участок поверхности освободится от воздействия шлифовального круга, происходит весьма быстрое его охлаждение, приводящее к появлению мельчайших трещин.

Установившаяся температура детали. Температура на поверхности детали во время шлифования зависит от многих причин и прежде всего от того, как производится шлифование: с охлаждением или без охлаждения. При шлифовании без охлаждения температура поверхностного слоя непрерывно увеличивается. Это свидетельствует о том, что приток теплоты в процессе шлифования превосходит ее расход. Возникающая теплота расходуется в окружающую среду за счет лучеиспускания, а большая часть поглощается деталью. Температура детали также зависит от времени шлифования и толщины снимаемого слоя металла. С увеличением времени шлифования и толщины снимаемого слоя температура детали повышается.

Охлаждение при шлифовании позволяет сохранять температуру детали независимо от времени шлифования, если образующаяся теплота будет полностью отводиться охлаждающей жидкостью.

§ 6. ДЕЙСТВУЮЩИЕ СИЛЫ И НЕОБХОДИМАЯ МОЩНОСТЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Сечение стружки при шлифовании. Объем снятого металла за один оборот детали при круглом шлифовании можно определить по формуле:

$$Q = \pi D_\partial t s \text{ мм}^3,$$

где Q — объем стружки в *мм*^{3};
D_∂ — диаметр детали в *мм;*
s — продольная подача на один оборот детали в *мм.*
t — глубина шлифования в *мм;*

Путь какой-либо точки на окружности шлифовального круга, пройденный ею в одну минуту, может быть подсчитан по формуле:

$$L = \pi D_к n_к \text{ мм/мин}.$$

Если пренебречь скоростью вращения детали, очень незначительной по сравнению со скоростью шлифовального круга, то можно определить путь этой же точки круга за время одного оборота детали. Он будет в n_∂ раз меньше, чем L, т. е.:

$$l = \frac{L}{n_\partial} = \frac{\pi D_к n_к}{n_\partial}.$$

Разделив объем стружки Q, снятой за время одного оборота детали, на путь l, получим площадь среднего сечения стружки f:

$$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi D_\partial l_1 s h_\partial}{\pi D_к n_к} \text{ мм}^2.$$

Но так как:

$$\pi D_\partial n_\partial = 1000 \ v_\partial;$$

$$\pi D_\partial n_к = 1000 \cdot 60 \cdot v_к,$$

то, подставляя в формулу среднего сечения стружки эти значения, мы получим, что:

$$f = \frac{1000 \ v_\partial t s}{1000 \cdot 60 v_к} \text{ мм}^2$$

или (после сокращения):

$$f = \frac{v_\partial t s}{v_к 60} \text{ мм}^2$$

Пример. Определить среднее сечение стружки при шлифовании, если дано: диаметр шлифовального круга $D_к = 600$ *мм;* число его оборотов в минуту $n_к = 1200$; диаметр детали $D_\partial = 40$ *мм;* число ее оборотов в минуту $n_\partial = 120$; глубина шлифования $t = 0{,}04$ *мм;* продольная подача на один оборот детали $s = 12$ *мм.*

Решение. Скорость шлифовального круга:

$$v_к = \frac{\pi D_к n_к}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1200}{60 \cdot 1000} = 37,68 \text{ м/сек};$$

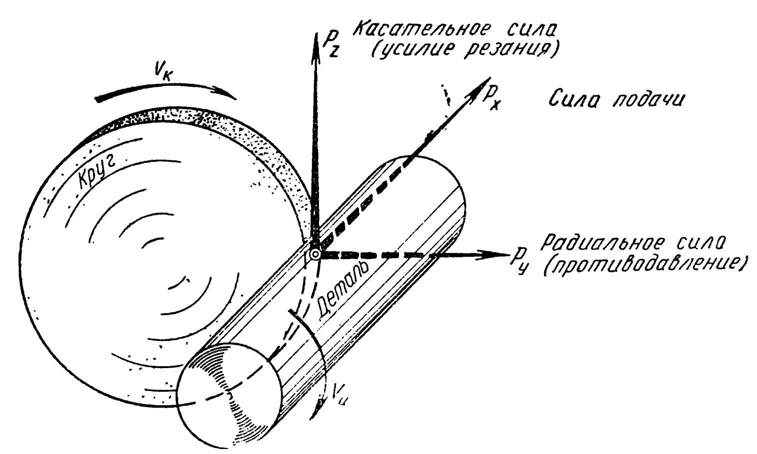
скорость детали:

$$v_д = \frac{\pi D_д n_д}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1200}{1000} = 15,07 \text{ м/мин};$$

среднее сечение стружки:

$$f = \frac{v_д ts}{v_к \cdot 60} = \frac{15,07 \cdot 0,04 \cdot 12}{36,68 \quad 60} = 0,0035 \text{ мм}^2$$

Размер среднего сечения стружки, а следовательно, и силы, действующие на круг, увеличиваются с увеличением скорости детали $v_д$, глубины резания t, предельной подачи s и с уменьшением скорости круга.



Фиг. 238. Силы, действующие при шлифовании.

Силы при шлифовании. При шлифовании возникают следующие три силы:

1. Сила P_z, направленная по касательной к окружности шлифовального круга, представляющая собой силу резания.

2. Сила P_y, представляющая собой силу отталкивания шлифовального круга от детали. Эта сила действует в направлении радиуса шлифовального круга, находящегося в точке его касания с деталью. Поэтому ее называют радиальной силой.

3. Сила P_x, направленная вдоль оси шлифовального круга. Это сила подачи.

На фиг. 238 показано расположение всех трех сил. Главная сила — это сила резания P_z; ее величиной определяется мощность, необходимая для шлифования.

Мощность — это мера производства или потребления механической энергии. Она измеряется работой, произведенной в единицу вре-

мени. Как же определить мощность, т. е. ту работу, которую необходимо произвести в единицу времени, чтобы прошлифовать деталь?

Сила резания P_z определяется по формуле:

$$P_z = fp \text{ кг},$$

где f — сечение стружки в $мм^2$;

p — часть этой силы, приходящаяся на 1 $мм^2$ сечения стружки и зависящая от свойств обрабатываемого материала. Эта величина берется из опытных данных.

В табл. 23 даны приближенные значения p для стали и чугуна.

Таблица 23

Величина силы резания, приходящаяся на единицу поверхности сечения стружки при шлифовании, в *кг/мм²*

t в *мм*	/об	Для стали с $\sigma_в$ = 50 *кг/мм²*	Для чугуна средней твердости
0,02	12	3150	3000
0,06	12	1500	1600
0,10	12	1150	1150

Подставив вместо f его значение, получим:

$$P_z = p \frac{v_д ts}{60v_к}$$

Мощность $N_к$, затрачиваемую при шлифовании на вращение шлифовального круга, можно определить по формуле:

$$N_к = \frac{P_z v_к}{75} \text{ лошадиных сил (л. с.)}.$$

Поскольку одна лошадиная сила равна 75 *кгм/сек*, то в знаменатель формулы и введено число 75, чтобы килограммометры превратить в лошадиные силы.

Мощность $N_д$, затрачиваемую на вращение детали при шлифовании, можно определить по формуле:

$$N_д = \frac{P_z v_д}{60 \cdot 75} \text{ л. с.}$$

Мощность, потребляемая для вращения шлифовального круга, несмотря на малую величину силы резания при шлифовании, но вследствие большой скорости вращения шлифовального круга значительно больше мощности, идущей на вращение детали.

Пример. Определить мощность, необходимую для вращения круга при шлифовании стального валика, если скорость шлифовального круга 25 *м/сек*, глубина шлифования 0,06 *мм*, подача 12 *мм* на один оборот валика, окружная скорость детали 7,5 *м/мин*.

Решение. Выбираем сначала значение p, пользуясь табл. 23. Для данного случая p будет равно 1500 *кг/мм²*.

Сила резания:

$$P_z = p\frac{v_\partial ts}{60\cdot v_\kappa} = \frac{7{,}5\cdot 0{,}06\cdot 12\cdot 1500}{25\cdot 50} = 5{,}4 \text{ кг}.$$

Мощность, необходимая для вращения шлифовального круга, будет:

$$N_\kappa = \frac{P_z v_\kappa}{75} = \frac{5{,}4\cdot 25}{75} = 1{,}8 \text{ л. с.}$$

Мощность, необходимая для вращения детали:

$$N_\partial = \frac{P_z v_\partial}{60\ \ 75} = \frac{5{,}4\cdot 7{,}5}{60\cdot 75} = 0{,}009 \text{ л. с.}$$

В справочной литературе приводятся формулы для определения P_z. Эти формулы отражают экспериментальную зависимость между элементами режима резания. Так, например, при наружном круглом шлифовании кругом Э46СМ1К5 ($D_\kappa = 500$ *мм*; $H = 40$ *мм*) установлена зависимость:

$$P_z = C_p v_\partial^{0,7} s^{0,7}\ t^{0,6} \text{ кг},$$

где $C_p = 2{,}2$ — при шлифовании закаленной стали;
$C_p = 2{,}1$ — при шлифовании незакаленной стали;
$C_p = 2{,}0$ — при шлифовании чугуна.

§ 7. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Абразивный материал, применяемый для производства шлифовальных кругов, представляет собой минерал естественного или искусственного происхождения, раздробленный на мелкие зерна. К естественным абразивным материалам относятся: кварц, гранат, наждак, корунд и алмаз. К искусственным абразивным материалам относятся: электрокорунд (искусственный корунд), карбид кремния (старое название карборунд), карбид бора и монокорунд.

Кварц представляет собой соединение кремния с кислородом. Встречается в виде горных пород, гальки и песка. Входит в состав естественных песчаниковых точил, а также естественных абразивных брусочков и оселков. Гранат — это соединение алюминия с силикатом магнезии и марганца. Его используют для изготовления шлифовальной шкурки. Наждак — особая горная порода, состоящая из корунда и магнезита (железной руды). Содержание чистого корунда в наждаке составляет 40—50%. Благодаря низкой твердости и неоднородности наждак представляет собой наименее качественный абразивный материал и вытесняется в настоящее время искусственными абразивными материалами.

Корундом называется минерал, представляющий собой соединение алюминия с кислородом (окись) и с некоторыми примесями кварца, слюды и т. д. Существующие разновидности корунда отличаются синевато-серым, грязно-желтым и серо-коричневым цветом и содержат более 90% окиси алюминия (глинозема). Высокая твердость зерен корунда и способность при дроблении давать раковистый излом с острыми гранями дают возможность широко использовать этот материал для изготовления шлифовальных кругов. Зерна корунда не отличаются прочностью и плохо сохраняют свою форму под действием силы резания, поэтому он непригоден для кругов, работающих в тяжелых условиях, и обработки закаленных сталей.

Алмаз представляет собой разновидность углерода; обладает наивысшей твердостью из всех известных естественных и искусственных абразивных материалов. Алмазы, непригодные для украшений, носят название технических алмазов и применяются прежде всего для правки шлифовальных кругов. Алмаз — очень редкий минерал и измеряется мелкими весовыми единицами — каратами. Вес карата — 200 *мг*, или 0,2 *г*.

Электрокорунд. Такое название получил искусственный корунд, получаемый путем электрической плавки из материалов, богатых окисью алюминия (например, боксит и глинозем). В зависимости от содержания окиси алюминия электрокорунд делится на два вида:

1. Белый электрокорунд (корракс) содержит не менее 97% окиси алюминия и имеет белый или светлорозовый цвет; его получают переплавкой чистого глинозема.

2. Нормальный электрокорунд (алунд) содержит не менее 87% окиси алюминия, имеет цвет от серо-коричневого до темно-коричневого; его получают методом восстановительной плавки бокситов. Электрокорунд применяется для грубого шлифования сталей. Для более точных работ служит белый электрокорунд.

Сравнительно недавно наша абразивная промышленность начала выпускать разновидность электрокорунда — монокорунд. В зависимости от количества примесей монокорунд подразделяется на два сорта: монокорунд 98 с содержанием окиси алюминия Al_2O_3 не менее 98% и монокорунд 97 с содержанием окиси алюминия не менее 96,5%. Монокорунд обладает многими высокими качествами. Круги из монокорунда имеют стойкость, почти в 2 раза превышающую стойкость обычных кругов, повышают производительность труда, меньше изнашиваются по сравнению с кругами из нормального электрокорунда. Кроме того, шлифование этими кругами сопровождается меньшим нагревом деталей и меньшими радиальными усилиями резания.

Карбид кремния (карборунд). Карбид кремния представляет собой химическое соединение кремния и углерода, полученное в электрических печах из кокса и кварцевого песка при температуре 2100—2200°. Карбид кремния является ценным шлифующим материалом. Он имеет зерна темно-синей и зеленой окраски с красивыми цветами побежалости и металлическим блеском. В зависимости

от процента содержания чистого карбида кремния этот материал делится на:

а) зеленый карбид кремния с содержанием чистого карбида кремния не менее 97%; его применяют главным образом для затачивания инструмента с пластинками твердых сплавов;

б) черный карбид кремния (материал черного или темно-синего цвета) с содержанием чистого карбида кремния в пределах 95—97%; он служит для обработки хрупких или очень мягких материалов.

Важнейшими свойствами этого абразивного материала являются: высокая твердость (тверже его только алмаз и карбид бора) и высокая абразивная (режущая) способность. Высокая абразивная способность карбида кремния объясняется тем, что его зерна имеют острые режущие грани, легко врезающиеся в обрабатываемый материал. Карбид кремния очень теплоустойчив: он способен выдерживать температуру до 2050°.

Карбид бора представляет собой продукт, получаемый из технической борной кислоты и малозольного углеродистого материала (например, нефтяного кокса) в электрических печах при температуре 2000—2350°. Карбидом бора можно обрабатывать твердые сплавы. Им производится доводка твердосплавного режущего инструмента.

Наибольшее применение при производстве шлифовальных кругов получили естественный корунд, электрокорунд и карбид кремния. Наждак и карбид бора в настоящее время применяются в виде различных паст для притирки и доводки.

Твердость абразивных материалов шлифовальных кругов определяется по принятой в минералогии шкале твердости Мооса — нормальной или расширенной.

§ 8. ЗЕРНИСТОСТЬ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абразивный материал, получаемый в виде больших кусков, подвергается размельчению на дробилках до превращения его в зерна требуемых размеров. Абразивное зерно проходит затем магнитную, химическую и термическую обработку для удаления посторонних примесей. Зернистость дробленых абразивных материалов характеризуется размером их зерен и обозначается номерами от 5 до 320 и дальше от М28 до М5. На изготовление шлифовальных кругов идут абразивные материалы, начиная с № 10.

Разделение абразивных зерен по номерам зернистости производится двумя методами: методом просева материала через два смежных предельных сита, имеющих определенный размер отверстия, или гидравлическим методом (для зернистости от М28 до М5). Размеры зерен для каждого номера по ГОСТ 3238—46 указаны в табл. 24.

Большие размеры зерен, указанные в таблице, соответствуют тому размеру отверстий сита, сквозь которые они проходят, а меньшие величины — тому, на котором они задерживаются.

Таблица 24

Классификация зерен дробленых абразивных материалов
(по ГОСТ 3238—46)

Номер зерна	Размерная характеристика зерна в *мк*	Номер зерна	Размерная характеристика зерна в *мк*
5	От 5000 до 4000	70	От 250 до 210
6	4000 3300	80	210 180
7	3300 2800	90	180 150
8	2800 2300	100	150 125
10	2300 2000	120	125 105
12	2000 1700	150	105 85
14	1700 1400	180	85 75
16	1400 1200	220	75 63
18	1200 1000	240	63 53
20	1000 850	280	53 42
24	850 700	320	44 28
30	700 600	М-28	28 20
36	600 500	М-20	20 14
40	500 420	М-14	14 10
46	420 355	М-10	10 7
54	355 300	М-7	7 5
60	300 250	М-5	5 3,5

В зависимости от номера зернистости дробленые абразивные материалы согласно ГОСТ 3647—47 подразделяются на три группы:

Группа зернистости	Номера зернистости
Шлифзерно	10, 12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 54, 60, 70, 80 и 90
Шлифпорошки	100, 120, 150, 180, 220, 240, 280 и 320
Микропорошки	М-28, М-20, М-14, М-10, М-7 и М-5

Самая мелкая группа зернистости — микропорошки — обозначается буквой М и числом, показывающим наибольший размер зерна в микронах.

§ 9. СВЯЗКИ

Отдельные абразивные зерна, раздробленные и рассортированные по их зернистости с целью получения шлифовального круга требуемой формы и размеров, связываются друг с другом цементирующим веществом (связкой). От вида связки во многом зависит качество работы круга и его свойства. Связки подразделяются на неорганические и органические. К неорганическим связкам относятся: керамическая, силикатная и магнезиальная. К органическим связкам относятся: бакелитовая и вулканитовая.

Керамическая связка. Этот вид связки состоит в основном из огнеупорной глины и полевого шпата. Круги, изготовленные на керамической связке, отличаются наибольшей пористостью и поэтому

меньше засаливаются, легко режут металл и, обладая хорошей водоупорностью, допускают шлифование с охлаждением. Инструмент на этой связке изготовляется из всех сортов абразивного материала и допускает при работе с окружными скоростями не более 35 *м/сек*. Процесс изготовления круга на керамической связке довольно сложен и длителен (доходит до 20 дней).

Силикатная связка. Силикатная связка (с применением жидкого стекла) обладает недостаточной прочностью, так как жидкое стекло создает не особенно прочную связь с абразивными зернами. Такая связка применяется только в тех случаях, когда поверхность детали весьма чувствительна к повышению температуры при резании. Круги на силикатной связке обычно работают без охлаждения.

Магнезиальная связка. Связка магнезиальных кругов состоит из каустического магнезита и хлористого магния. Круги, изготовленные на этой связке, неоднородны, быстро и неравномерно изнашиваются. Они весьма чувствительны к сырости, под действием которой легко разрушаются. По этой причине их применяют только для сухого шлифования.

Бакелитовая связка. В состав бакелитовой связки входит в качестве главной составляющей жидкий или порошкоообразный бакелит (искусственная смола). Хотя круги на такой связке и имеют большую прочность, но все же относительно быстро срабатываются. При тяжелых условиях работы, когда температура в зоне резания достигает более 300°, связка способна к выгоранию, а зерна — к преждевременному выкрашиванию. Указанными кругами чаще пользуются для работы без охлаждения. Бакелитовая связка несколько разрушается под действием обычно применяемых щелочных растворов, находящихся в охлаждающей жидкости. Поэтому охлаждающая жидкость в случае применения кругов на этой связке не должна содержать щелочи свыше 1,5%.

Большая прочность и упругость бакелитовой связки позволяет работать изготовленными на ней кругами при окружных скоростях, достигающих 35—50 *м/сек*. Упругость связки дает возможность изготовлять на ней тонкие круги (0,5 *мм*), применяемые для различных прорезных работ. Эти свойства бакелитовой связки обеспечили ей широкое распространение в производстве абразивных инструментов.

Вулканитовая связка. Эта связка приготовляется из каучука, подвергнутого вулканизации. Круги на этой связке обладают еще большей упругостью, чем на бакелитовой, и поэтому с успехом применяются для прорезных работ. Правда, они отличаются значительно меньшей пористостью и устойчивостью при повышении температуры: при температуре 150° связка размягчается и начинает выгорать. Вулканитовые круги допускают шлифование с охлаждением и обладают большей полирующей способностью, чем бакелитовые.

Для различных связок установлены свои особые условные обозначения. Так, керамическая связка обозначается буквой К, бакелитовая — буквой Б, вулканитовая — буквой В, магнезиальная — буквой М.

§ 10. ТВЕРДОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

ГОСТ 3751—47 дает такое определение твердости: «Под твердостью абразивного инструмента понимается сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних усилий». Таким образом, под твердостью шлифовального круга понимают не твердость абразивных зерен, а прочность связки. Прочность определяется величиной той силы, которая может вырвать зерно из связки.

Круги делятся на мягкие, среднемягкие, средние, среднетвердые, твердые, весьма твердые и чрезвычайно твердые с постепенным переходом от одной группы к другой. Мягкими называют такие абразивные инструменты, из которых легко выкрашиваются зерна, а твердыми — такие, в которых эти зерна держатся прочно. ГОСТ 3751—47 устанавливает следующую шкалу степеней твердости абразивного инструмента (табл. 25). Цифры 1, 2 и 3 справа от буквенного обозначения характеризуют степень твердости абразивного материала в порядке ее возрастания.

Таблица 25

Твердость абразивных инструментов

Твердость инструмента	Подразделения
М —мягкий	М1, М2, М3
СМ—среднемягкий	СМ1, СМ2
С —средний	С1, С2
СТ–среднетвердый	СТ1, СТ2, СТ3
Т —твердый	Т1, Т2
ВТ—весьма твердый	ВТ1, ВТ2
ЧТ—чрезвычайно твердый	ЧТ1, ЧТ2

Абразивный инструмент на вулканитовой связке выпускается следующей твердости: СМ, С, СТ и Т.

Для определения твердости круга существуют специальные приборы, при помощи которых точно может быть произведена сортировка кругов по твердости. Твердость может быть определена одним из следующих методов: а) пескоструйным; б) вдавливанием шарика; в) высверливанием лунки.

Пескоструйный метод состоит в том, что на поверхность испытуемого круга направляется струя кварцевого песка с определенным давлением сжатого воздуха. По глубине лунок, полученных в результате такого испытания, судят о твердости шлифовального круга. Этот метод применяется для шлифовальных кругов на керамической и бакелитовой связке зернистостью № 10—90.

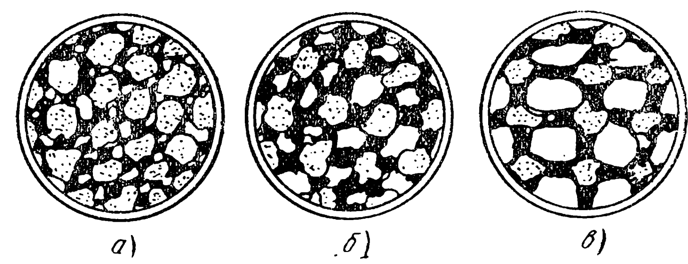
Метод вдавливания шарика состоит в том, что под постоянной нагрузкой шарик вдавливается в поверхность круга. По глубине лунки судят о степени твердости шлифовального круга. Такой метод применяют для шлифовальных кругов на вулканитовой или бакелитовой связке зернистостью № 100—М-14.

Метод высверливания лунки состоит в том, что в абразивном круге высверливается специальным сверлом под определенным давлением лунка заданной глубины. По числу оборотов, которое потребуется для просверливания этой лунки, судят о твердости шлифовального круга. Такой метод испытания твердости применяется для кругов на вулканитовой связке зернистостью № 24—120.

§ 11. СТРУКТУРА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Под структурой шлифовальных кругов понимают их внутреннее строение, т. е. количественное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и пор в массе круга. Поры — это маленькие пустоты в круге. От правильного выбора структуры зависит эффективность работы круга.

Шлифовальный круг состоит из абразивных зерен, мостиков связки, удерживающих зерна в теле круга, и пор. Поры круга служат для размещения в них стружки. Стружка не должна застревать в этих порах и при выходе шлифовального круга из соприкосновения с деталью должна свободно вылетать из них, иначе круг потеряет режущую способность. Заполнение пор стружкой приведет к резкому увеличению трения между шлифовальным кругом и деталью, которое вызовет расплавление стружки и плотное заполнение всех наружных пор металлом. В этом случае говорят, что поверхность круга «засалилась».



Фиг. 239. Структуры шлифовального круга:
а — плотная; *б* — средняя; *в* — открытая.

На фиг. 239 схематично показаны шлифовальные круги одной и той же характеристики, но различной структуры. При более плотной структуре количество зерен, приходящихся на единицу поверхности, больше, а размеры пор меньше. При открытой структуре зерна больше раздвинуты, их количество, приходящееся на единицу поверхности, меньше. Некоторые шлифовальные круги изготовляются с заранее установленным строением круга, т. е. с определенным расположением пор в круге. Такие круги называются структурными.

Шкала кругов с нормированной структурой состоит из 13 номеров: от № 0 до № 12. Каждый номер структуры характеризуется своим особым соотношением и взаимным расположением зерен, связки и пор круга. Так, например, круг с твердостью СМ2, имеющий объем зерна 52%, объем связки 9% и объем пор 39%, соответствует структуре № 5, а круг той же твердости, но с объемом зерна 50%, объемом связки 11% и объемом пор 39% будет иметь структуру № 6. Следовательно, чем больше номер структуры, тем больше расстояние между зернами, тем более открытую структуру имеет шлифовальный круг.

В последнее время находят широкое применение высокопористые шлифовальные круги. Эти круги имеют структуру от № 13 до № 18.

Такие шлифовальные круги отличаются от обычных тем, что у них количество зерен меньше, но больше количество и размеры пор, а величина пор больше величины абразивных зерен. Поверхность такого круга напоминает губчатое тело. Высокопористые шлифовальные круги по своему удельному весу значительно легче структурных.

Высокопористая структура позволяет воздуху, поступающему в поры шлифовального круга, создавать внутренние воздушные потоки, хорошо омывающие абразивные зерна и улучшающие его режущую способность. Благодаря воздушным потокам, хорошо поглощающим тепло, деталь в процессе шлифования нагревается меньше. Поверхностные поры высокопористого шлифовального круга не забиваются стружкой и поэтому такой круг засаливается меньше. Даже при обработке настолько мягких и вязких материалов, как красная медь, латунь, алюминий, пластмасса, дерево, резина, кожа и т. д., вследствие движения воздушных потоков рабочая поверхность круга остается чистой и сохраняет свои режущие свойства.

§ 12. БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Для точной и спокойной работы шлифовальный круг должен подвергаться балансировке (уравновешиванию). Необходимость проведения балансировки объясняется тем, что работающий шлифовальный круг не должен иметь неуравновешенных масс и биения, иначе при его высоких окружных скоростях возникают силы, которые стремятся отклонить круг от оси. В результате этого обработанная поверхность получается граненой, на ней появляются выхваты, а подшипники и шпиндели быстро изнашиваются.

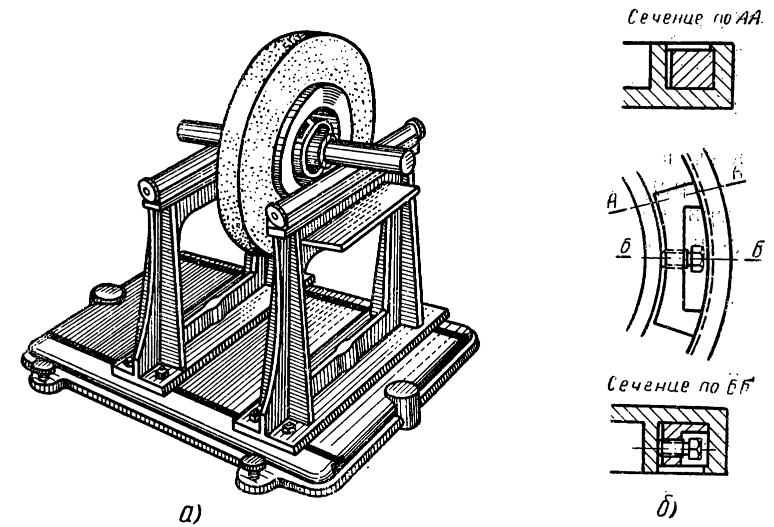
Особенно тщательно необходимо балансировать круги большого диаметра и высоты, работающие при высоких окружных скоростях. Причинами неуравновешенности шлифовальных кругов могут быть: неодинаковая плотность их материала, неправильная форма их наружной поверхности, эксцентричное расположение отверстия по отношению к наружной поверхности круга и его эксцентричная установка на самом шпинделе или на его фланцах.

Балансируются шлифовальные круги на специальных станках (фиг. 240). Эти станки отличаются друг от друга, главным образом, характером опор для установки оправки. Опорами могут быть: призмы, диски и цилиндрические валики. У изображенного на фигуре станка опорами для установки оправки с кругом служат два цилиндрических валика. Сидящий на оправке шлифовальный круг помещают на эти валики и производят уравновешивание при помощи двух сегментов, которые перемещают по кольцевому пазу оправки с ее торцовой стороны.

Круг ставится в произвольное положение и при отсутствии уравновешенности его более тяжелая часть будет опускаться вниз. Перемещая сегменты, снова проверяют степень уравновешенности круга. Так повторяется до тех пор, пока шлифовальный круг в любом его положении на цилиндрических валиках не будет оставаться

в покое. Отбалансированный шлифовальный круг будет иметь точное вращение, т. е. не будет бить, обеспечит хорошую чистую поверхность обработки, сбережет подшипники шпинделя от быстрого износа и удлинит срок службы станка.

Все шлифовальные круги диаметром больше 100 *мм* подлежат балансировке. Шлифовальный круг перед балансировкой очищают от грязи и опилок, а затем внимательно осматривают, чтобы убедиться в отсутствии трещин. Круги с трещинами к работе непригодны и к балансировке не допускаются.



Фиг 240. Станок (*а*) и приспособление (*б*) для балансировки круга.

Балансировочный станок должен быть установлен на ровной поверхности и тщательно выверен по уровню; только после этого можно приступать к балансировке.

§ 13. ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Общие сведения. Абразивный инструмент не может быть использован для шлифования без учета его свойств, его характеристики. Дело в том, что шлифовальный круг не является универсальным режущим инструментом. Кругом той или иной характеристики можно обрабатывать только те материалы и детали, для которых он предназначен.

Подбор шлифовальных кругов может быть произведен по специальным таблицам, дающим возможность выбирать нужную характеристику шлифовального круга для конкретных условий работы. Однако в этих таблицах трудно учесть все условия, в которых приходится работать таким инструментом, и поэтому нужно знать основные правила, по которым выбирается характеристика шлифовального круга. Необходимо помнить, что неправильное применение

круга дает низкую производительность, повышенный расход абразива и низкое качество поверхностного слоя детали.

Выбор шлифовального круга производится в зависимости от вида и свойств обрабатываемого материала, режима шлифования, требований к качеству поверхностного слоя детали. В зависимости от указанных обстоятельств и выбирается его характеристика.

Выбор абразивного материала круга. Выбор круга по его абразивному материалу производится в зависимости от физико-механических свойств материала детали, а именно: его твердости, хрупкости и предела прочности при растяжении.

Электрокорундовые круги применяются для обработки металлов с высоким пределом прочности при растяжении (различные сорта стали, ковкий чугун, наиболее вязкие сорта легированной бронзы, некоторые сорта алюминиевых сплавов и т. д.).

Карбид кремния применяется для шлифования металлов с небольшим пределом прочности при растяжении, для твердых и хрупких материалов (серый и отбеленный чугун, мягкая латунь и бронза, медь и почти все неметаллические материалы, как-то: камень, дерево, кожа, мрамор и т. д.), а также для обработки металлокерамических твердых сплавов (карбид кремния зеленый).

Таблица 26

Выбор зернистости шлифовального круга

Виды шлифования	Рекомендуемый номер зернистости
Плоское шлифование (преимущественно торцом круга)	16— 36
Круглое обдирочное шлифование	24— 36
Круглое чистовое шлифование	60—100
Доводка многолезвийного инструмента	170—220
Отделочное шлифование . . .	180—320
Резьбошлифование	100—280

Выбор зернистости круга. Выбор зернистости шлифовального круга зависит от вида шлифования и заданной степени чистоты поверхности, точности обработки и режима шлифования. Для отдельных видов шлифования необходимая зернистость указана в табл 26.

Эту таблицу следует рассматривать как ориентировочную и дающую основные направления в выборе зернистости.

Выбор связки круга. Связку шлифовального круга выбирают, исходя из материала детали и способа ее шлифования.

На центровых и внутришлифовальных станках большинство шлифовальных работ выполняется кругами на керамической и реже бакелитовой связках. Круги на бакелитовой связке наиболее пригодны для выполнения обдирочных работ и для работ на более высоких скоростях. Отрезные и прорезные операции на шлифовальных станках производятся кругами на вулканитовой связке, которая дает возможность делать их тонкими и упругими.

Выбор твердости круга. Различные условия работы при шлифовании, свойства обрабатываемого материала, величины подач, скорость резания, а также некоторые другие особенности этого процесса вызывают более быстрое или медленное затупление абразивных

зерен. Поэтому для каждого вида работ должна быть подобрана твердость круга, соответствующая конкретным условиям шлифования.

Так, обработка более мягких металлов может производиться более твердыми кругами, так как абразивные зерна здесь затупляются медленнее и меняются реже. В связи с этим для обработки машиноподелочной стали с низким содержанием углерода круги берутся тверже, для сталей более богатых углеродом — мягче, а для закаленных сталей и чугуна — еще более мягкие. Отсюда можно сделать вывод, что чем меньше твердость материала детали, тем тверже должен быть круг. Однако для цветных металлов (медь и латунь) лучше применять мягкие круги, так как при использовании в данном случае твердых кругов стружка засаливает круг и шлифование идет непроизводительно.

При одном и том же материале детали шлифовальный круг должен быть тем мягче, чем больше его диаметр. Это объясняется тем, что круг большего диаметра имеет более высокую окружную скорость, его зерна выполняют большую работу и скорее теряют свои режущие свойства. При уменьшении диаметра круга происходит обратное явление. Этим пользуются в том случае, если круг окажется слишком твердым и нет более мягкого для его замены, поэтому ему сообщают меньшее число оборотов и тогда его зерна затупляются медленнее. Следовательно, они потребуют более редкой замены новыми, и круг окажется пригодным к работе. Таким образом, круг кажется тверже, если он вращается быстрее, и мягче, если его окружная скорость меньше.

При наличии на обрабатываемых поверхностях неровностей, выступов, углов, или необходимости снятия с них заусенцев, чистке литья лучше брать более твердые круги, так как в этом случае неровности обрабатываемой поверхности, действуя на связку, способствуют более быстрому и легкому выпадению затупленных зерен.

Изложенные выше принципы выбора твердости шлифовального круга можно сформулировать в виде следующих правил:

1. Для шлифования твердых металлов (закаленной или хромоникелевой и марганцовой стали и металлокерамических твердых сплавов) применяются мягкие круги.

2. При обработке не особенно твердых материалов, например незакаленных сталей, ковкого чугуна и других, применяются круги средней твердости.

3. При обработке мягких и вязких металлов (латунь, медь и др.) рекомендуются мягкие круги.

4. При работе более мелкозернистыми кругами следует выбирать менее твердые круги, так как круг с такой зернистостью во всех случаях работает как более твердый круг.

5. При работе с автоматическими подачами станка следует пользоваться более мягкими кругами, чем при работе на ручной подаче.

6. Чем тяжелее и устойчивее по своей конструкции станок, тем больше возможность использовать мягкие круги.

7. Чем больше поверхность контакта (дуга соприкосновения)

между кругом и поверхностью детали, тем мягче должен быть круг.

8. При шлифовании полых деталей необходимо применять более мягкие круги, чем при шлифовании сплошных деталей.

9. Для шлифования неровных и прерывающихся поверхностей лучше применять более твердые круги.

10. При шлифовании в угол следует применять более твердые круги.

11. При фасонном шлифовании необходимо применять круги с относительно меньшей степенью твердости.

12. При шлифовании без охлаждения применяются более мягкие круги, чем при шлифовании с охлаждением.

В табл. 27 даются рекомендации по выбору шлифовальных кругов в зависимости от вида работ.

Выбор структуры круга. Методика выбора структуры шлифовального круга изучена недостаточно и поэтому можно сообщить только ориентировочные указания о ее выборе.

Выбор номера структуры определяется условиями работы круга. Круги более плотных структур дают лучшее качество обрабатываемой поверхности. Их следует применять преимущественно в тех случаях, где требуется сохранить профиль шлифовального круга и когда по условиям работы отвод стружки не затруднен, а от процесса шлифования не требуется высокой производительности. При работах, где отвод стружки затруднен, например при плоском шлифовании торцом круга, и при необходимости большого съема металла с поверхности детали необходимо применять круги с наиболее открытой структурой.

Чем больше глубина шлифования, чем вязче материал, чем больше поверхность соприкосновения круга с деталью, чем мелкозернистее круг, тем с более открытой структурой нужно применять абразивный круг.

§ 14. РЕЖИМ ШЛИФОВАНИЯ

Добиться высокой производительности, хорошего качества и чистоты обработанной поверхности только лишь за счет правильного подбора шлифовального круга, но без учета режима шлифования, невозможно. Только сочетание правильного выбора характеристики шлифовального круга с рациональным режимом шлифования обеспечивает производительное и качественное шлифование. Элементами режима шлифования при круглом наружном шлифовании являются: окружные скорости шлифовального круга, подача детали, продольная и поперечные подачи.

Окружная скорость шлифовального круга. С увеличением скорости шлифовального круга увеличивается число абразивных зерен, участвующих в процессе шлифования в единицу времени. Это дает возможность повысить производительность шлифования путем увеличения подач: детали $v_д$, продольной $s_{пр}$ и поперечной (глубины шлифования) t. Согласно опытам установлено, что съем металла увеличивается приблизительно пропорционально увеличению ско-

Таблица 27

Рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов

Обрабатываемый материал	Абразивный материал	Наружное круглое шлифование в центрах	Бесцентровое круглое шлифование		Внутреннее шлифование	Плоское шлифование периферией круга	Плоское шлифование торцом круга	
							с круглым столом нормального типа (неавтоматическое)	с продольным столом
Сталь незакаленная	Корунд	К24-46 СМ2-С1	—	К46-60 С1-СТ2	К36-46 СМ1-С2	К24-46 М2-СМ2	К24-36 М1-С1 Сухое шлифование	Б16-24 М3-С1 К16-24 М3-С1
Сталь закаленная	То же	К36-46 М2-СМ1	Черновое	К46-60 М2-СМ1	К36-46 М1-СМ1	К36-46 М1-М2	С24-46 М3-М2 Б24-36 М1-СМ1 К24-36 М1-СМ1	С24-46 М2-М3 Б24-36 М1-СМ1 К24-36 М1-СМ1
Сталь хромоникелевая		К36-46 СМ2-С1	—	—	К36-46 М2-СМ1	К36-46 М1-СМ1	—	—
Сталь марганцовая		К36-46 СМ2-СТ1	Черновое	К36 СТ1-СТ2	К46-60 СМ1-С1	—	—	—
Сталь быстрорежущая		К36-46 М2-СМ2	—	К80СМ2	К46-60 М1-СМ1	К36-46 М2-СМ2	С24-46 М1-М3	С24-46 М1-М3
Чугун	Карборунд	К36-46 М2-СТ1	—	К36-46 СМ2	К36-46 М2-СМ1	К24-36 М2-СМ1	Б16-24 М3-С1	Б16-24 М3-С1 Б16-24 М3-С1
Чугун (поршн. кольца)	Корунд	—	Черновое Чистовое	К60 С2	—	К36-46 СМ2-С2	К16-24 М1-М3	К16-24 М1-М3
Алюминий	Карборунд	К36-46 М2-СМ1	—	—	—	—		—
Бронза мягкая		К20-36 М2-СМ1	—	—	К36-46 СМ1-С2	—	—	—
Бронза твердая	Корунд	К36-46 М2-СМ1	—	—	СМ1-М2 СМ1-М2	—	—	—

Обозначения. К—керамическая связка; С—силикатная; Б—бакелитовая; В—вулканитовая.

рости круга $v_к$. При большей скорости шлифовального круга уменьшается глубина врезания отдельных абразивных зерен (при постоянной величине съема металла), что улучшает чистоту шлифованной поверхности. Увеличение скорости шлифовального круга ограничивается его прочностью, зависящей, главным образом, от связки и формы круга. При выборе окружных скоростей шлифования следует учитывать вид подачи (автоматическая или ручная).

Шлифование с ручной подачей требует снижения окружной скорости круга. В табл. 28 приведены рекомендуемые окружные скорости шлифовальных кругов при работе с автоматической подачей.

Таблица 28

Окружные скорости шлифовальных кругов по ГОСТ 2424—52

Форма круга	Наименование связки	Скорость в *м/сек*
ПП	Керамическая	35
	Бакелитовая	40
	Вулканитовая	35
	Силикатная	20
ПВ	Керамическая	35
ПВК	Бакелитовая	35
ПВДК	Силикатная	25

Допустимая для шлифовального круга окружная скорость указывается в его маркировке.

По мере износа шлифовального круга его окружная скорость уменьшается. Поэтому ряд современных шлифовальных станков имеет привод с двумя различными угловыми скоростями шлифовального круга. Это дает возможность по мере износа круга сообщать ему более высокое число оборотов. Круглое наружное шлифование кругами на керамической связке производится со скоростью: для чугуна 18—25 *м/сек,* для грубого шлифования стали 25—30 *м/сек* и чистового шлифования стали 30—35 *м/сек.*

Окружная скорость детали. С увеличением окружной скорости детали v улучшается отвод тепла и уменьшается опасность образования прижогов на шлифованной поверхности. Это особенно важно при шлифовании тонкостенных деталей. Увеличение окружной скорости детали приводит к увеличенному износу круга и ухудшению чистоты шлифованной поверхности. Поэтому при чистовых проходах надо применять окружную скорость детали. При выборе величины окружной скорости детали следует учитывать свойство материала детали и характер ее термической обработки. Чем выше твердость обрабатываемого материала и меньше его склонность к прижогам и трещинам, тем большую величину окружной скорости детали следует применять. С повышением твердости применяемого шлифовального круга следует увеличивать и окружную скорость детали.

Однако при появлении вибрации (дрожания), а также и в тех случаях, когда приходится обрабатывать крупные и плохо отбалансированные детали, следует принимать меньшие величины этой подачи.

Таково же влияние и увеличения поверхности соприкосновения на величину подачи детали в связи с ростом теплообразования в зоне резания.

Поперечная подача или глубина резания. Увеличение поперечной подачи или глубины резания при шлифовании приводит к более интенсивному износу шлифовального круга, к росту радиальной силы резания и, следовательно, к снижению точности обработки. Для работы с большей глубиной резания шлифовальный круг должен быть более крупнозернистым и более пористым. В случае применения мелкозернистого круга шлифовальная стружка быстро заполнит его поры и он потеряет свою режущую способность.

Следует отметить, что в начале шлифования толщина снимаемого слоя металла при одном проходе шлифовального круга меньше величины поперечной подачи примерно на 15%. Это объясняется упругим отжатием механизмов станка, детали и инструмента. В связи с этим, особенно при чистовом шлифовании, такое явление следует учитывать. Поэтому перед окончанием шлифования выключают поперечную подачу и продолжают шлифовать до тех пор, пока не прекратится искрение. Число последних проходов без поперечной подачи (до вывода искры) в зависимости от жесткости станка и детали может быть в пределах от 2 до 10. При шлифовании без охлаждения искрение будет заметно даже при снятии слоя металла меньшего чем 0,0025 *мм*.

Для предварительного круглого наружного шлифования стали глубина шлифования выбирается от 0,01 до 0,06 *мм* и чугуна от 0,02 до 0,08 *мм* в зависимости от диаметра шлифуемой детали. Для чистового шлифования глубина составляет 0,005—0,015 *мм*.

Продольная подача. Практикой установлено, что выгоднее работать с наибольшей продольной подачей. В этом случае значительно улучшается отвод тепла от поверхности детали и уменьшается опасность получения на ней прижогов. В том случае, если продольная подача будет меньше половины высоты круга, его края быстро износятся, а поверхность примет выпуклую форму. При продольной подаче, превышающей половину высоты круга, его износ будет более равномерным, а рабочая поверхность долго сохранит свою прямолинейность.

При черновом шлифовании величина продольной подачи выбирается в пределах 0,7—0,8 высоты круга, а при чистовом — в пределах 0,2—0,4 его высоты. Выбор меньшей величины продольной подачи при чистовом шлифовании обусловлен необходимостью получения более высокой степени чистоты поверхности.

Для подбора рациональных режимов шлифования следует пользоваться соответствующими нормативными таблицами*, из которых и выбираются элементы режима шлифования.

§ 15. СКОРОСТНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Скоростные методы обработки металлов, в том числе и скоростное шлифование, явились мощным средством повышения производительности труда и крупным шагом в деле дальнейшего прогресса

* С. М. Кедров и И. Э. Цейц, Справочник нормировщика, вып. IX. Нормирование работ на шлифовальных станках, Машгиз, 1949.

советского машиностроения. Теория скоростного шлифования металлов разработана советскими учеными при активном участии рабочих — новаторов производства.

Скоростное шлифование предусматривает работу на более высоких окружных скоростях шлифовального круга. При этом применяются специальные высокопрочные круги на особой керамической связке повышенной прочности. При скоростном шлифовании также хорошо работают круги на бакелитовой и вулканитовой связках. Наиболее пригодны для этих целей шлифовальные круги, имеющие структуру № 9—№ 12, и круги высокопористые.

Вместо обычной окружной скорости 25—30 *м/сек,* применяемой при шлифовании, высокопористые круги позволяют вести шлифование при скорости 50 *м/сек.* Шлифовальные круги, предназначенные для скоростного шлифования, имеют маркировку «50 *м/сек* — скоростной».

При скоростном круглом наружном шлифовании оптимальными режимами шлифования являются:

а) окружная скорость шлифовального круга 50 *м/сек;*

б) окружная скорость вращения детали 50 *м/мин;*

в) продольная подача, равная 0,5 высоты шлифовального круга;

г) поперечная подача 0,01 *мм.*

Особенности скростного шлифования. При увеличении окружной скорости шлифовального круга уменьшается количество металла, снимаемого одним абразивным зерном за время его контакта с деталью. Это уменьшает площадь поперечного сечения стружки, величину силы резания P_z и величину нагрузки, приходящейся на одно абразивное зерно, но увеличивает общий объем металла, снимаемый абразивным кругом в единицу времени.

Как уже указывалось, при шлифовании выделяется большое количество тепла. С целью уменьшения теплообразования при скоростном шлифовании применяют высокопористые круги. Применение высокопористых шлифовальных кругов имеет следующие преимущества:

1. Уменьшается возможность получения прижогов и трещин на обработанной поверхности, так как большая пористость создает условия для лучшего отвода тепла от поверхности детали благодаря интенсивной циркуляции воздуха через тело круга. Кроме того, при больших окружных скоростях шлифовального круга создаются большие воздушные потоки, интенсивнее охлаждающие деталь в процессе шлифования.

2. Снижается расход мощности на шлифование вследствие уменьшения трения связки о шлифуемую поверхность.

3. Уменьшается возможность засаливания шлифовального круга; это свойство пористых кругов особенно ярко проявляется при высоких скоростях, являясь одной из особенностей этих кругов, позволяющих осуществлять скоростное шлифование.

4. С увеличением скорости шлифовального круга максимальная толщина срезаемой стружки уменьшается, поэтому усилие, действующее на каждое зерно, также уменьшается. Связка начинает

сильнее удерживать зерна во время резания. В этом случае круг, работающий на обычных скоростях как мягкий, при работе на высоких скоростях работает как твердый, т. е. он приобретает дополнительную твердость в процессе работы. Таким образом, пористый круг с увеличением скорости улучшает свои режущие свойства. Будучи мягким для нормальной скорости резания, он хорошо работает на больших скоростях резания, приобретая дополнительную твердость, при этом его износ уменьшается. Как указывалось, нормальный круг также становится более твердым при повышении окружной скорости его, но эта повышенная твердость для него становится излишней вследствие того, что увеличивается склонность к засаливанию.

5. Снижаются центробежные силы и напряжения в шлифовальном круге благодаря меньшему удельному весу пористых кругов.

Скоростное шлифование увеличивает производительность шлифовального станка. Причина этого — в возможном увеличении глубины шлифования и подачи детали. Применение высоких скоростей шлифовального круга улучшает и качество шлифованной поверхности. Так, например, проф. Е. Н. Маслов указывает, что при шлифовании закаленных деталей из стали марки 50Г шлифовальным кругом Э46СМ1К (режим шлифования: окружная скорость детали $v_д = 30$ *м/мин;* продольная подача $s = 0{,}3H = 12$ *мм/об* и поперечная подача $t = 0{,}01$ *мм*) с увеличением окружной скорости шлифовального круга резко улучшалась чистота поверхности. При этом ее улучшение характеризовалось следующими данными:

$v_к$	8	16,5	27	30,5	50,1
$H_{ск}$	2,6	1,3	0,875	0,625	0,4

Здесь $v_к$ — окружная скорость шлифовального круга в *м/сек*;
$H_{ск}$ — среднеквадратичная высота неровностей в микронах.

При скоростном шлифовании увеличивается объем металла, снимаемого в единицу времени, по сравнению с обычным шлифованием, за счет повышения окружной скорости детали, практически пропорционального росту окружной скорости круга.

Таким образом, одновременное увеличение окружной скорости круга и детали обеспечивает рост производительности шлифования наряду с улучшением чистоты обработанной поверхности.

Круги для скоростного шлифования должны быть особенно тщательно отбалансированы, так как всякая неуравновешенность их при таких скоростях вращения создает большие односторонние силы, приводящие к вибрации всей системы станка и к разрыву шлифовального круга.

Режим шлифования при этом способе зависит от заданной чистоты поверхности, характеристики круга и состояния станка, на котором производится обработка. Так, для скоростной обработки стальных закаленных цилиндрических валиков кругом Э46СМ1К5, когда необходимо получить чистоту поверхности 8—9 классов по ГОСТ 2789—51 и точность по 2 классу, можно рекомендовать следующий режим: окружную скорость шлифовального круга

$v_к = 50$ *м/сек;* окружную скорость валика $v_ш = 60—80$ *м/мин;* поперечную подачу $t = 0{,}01—0{,}015$ *мм;* продольную подачу $s = 0{,}3$ высоты шлифовального круга.

Для получения экономического эффекта от скоростного шлифования при черновых работах надо в первую очередь увеличить поперечную подачу. В тех случаях, когда материал детали и требования к обработанной поверхности не позволяют работать с большой поперечной подачей, повышение производительности должно идти за счет увеличения подачи детали и продольной подачи.

Переводя станки на скоростное шлифование, в первую очередь необходимо обратить внимание на жесткость их конструкции и обеспечить обильную смазку подшипников шлифовального шпинделя. В станке, предназначенном для скоростного шлифования, следует проверить расчетом допустимые величины скорости шлифовального круга и удельной нагрузки на подшипники его шпинделя.

Если расчет подтверждает возможность перевода станка на скоростное шлифование, необходимо составить рабочую ведомость с указанием состояния станка и необходимой его модернизации.

Основными расчетами при модернизации круглошлифовальных станков для скоростного шлифования являются: установление необходимой мощности привода шлифовального круга, определение допустимого повышения угловой скорости шлифовального круга, размеров шкивов привода шлифовального круга и привода детали, расчет подшипников шпинделя по максимальной скорости и давлению на его шейке, определение максимальных скоростей стола и т. д.

Шпиндель шлифовального круга должен вращаться с повышенным числом оборотов, а его привод должен иметь необходимую для этого мощность. Так, например, на Московском станкостроительном заводе при переводе на скоростное шлифование станка модели 315М вместо прежнего электродвигателя мощностью 4,2 *квт* потребовалось установить электродвигатель мощностью 7,8 *квт.*

Необходимо обратить особое внимание на создание хороших условий работы подшипников шпинделя шлифовального круга; они должны быть отрегулированы на большие зазоры, создана надежная и обильная смазка, осуществлена более тщательная балансировка быстровращающихся деталей и т. д.

Точность защитного кожуха шлифовального круга также должна быть повышена. Литые чугунные кожухи необходимо заменить стальными с достаточной толщиной стенок. У кожуха следует предусмотреть наименьшую величину угла раскрытия и наименьший зазор между кожухом и шлифовальным кругом. Это лучше защитит от осколков разорвавшегося круга и уменьшит разбрызгивание охлаждающей жидкости. Наиболее целесообразной следует считать передвижную конструкцию защитного кожуха, позволяющую по мере износа круга перемещать кожух.

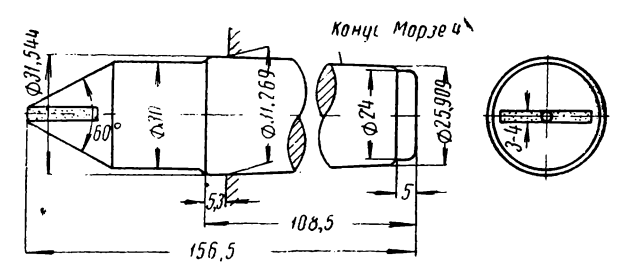
При скоростном шлифовании выделяется большое количество тепла, которое вызывает необходимость увеличить подачу охлаж-

дающей жидкости с таким расчетом, чтобы ее температура не повышалась более 30—35°.

Для охлаждения могут быть рекомендованы: 1) 1% водный раствор кальцинированной соды (Na_2CO_3) и 0,15% нитрата натрия ($NaNO_2$); 2) 5—7% водный раствор эмульсола.

Сопло системы охлаждения должно обеспечить подвод охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания и надежно защищать шлифовщика от брызг охлаждающей жидкости.

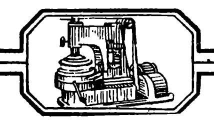
При скоростном шлифовании в связи с ростом скорости круга и подачи детали появляются вибрации. Они вредно отражаются на процессе шлифования. Ухудшается обработанная поверхность, понижается стойкость круга, ускоряется износ подшипников шпинделя и т. д. Для уничтожения вибрации все подвижные и вращающиеся части станка должны быть тщательно отбалансированы. Балансировка должна проводиться периодически на балансировочном приспособлении. Все скоростные шлифовальные круги должны испытываться на заводе-потребителе при окружной скорости 75 *м/сек*. При скоростном шлифовании наблюдается быстрый износ центров станка, поэтому необходимо для станков, переводимых на скоростное шлифование, применять упорные центры с острием из твердого сплава (фиг. 241). Такие центры обладают значительно большей изно-



Фиг. 241. Твердосплавный центр.

состойкостью, чем обычные. Работа на скоростных режимах позволяет значительно уменьшить машинное время на шлифование. Однако для серьезного повышения производительности труда необходимо обратить особенное внимание на сокращение вспомогательного времени, удельный вес которого при скоростном шлифовании может возрасти. Для уменьшения вспомогательного времени следует применять измерительные приспособления, позволяющие измерять детали в процессе шлифования, быстрозажимные хомутики, поводки, допускающие шлифование без хомутиков, быстросъемные приборы для правки круга и тормозные устройства или фрикционные муфты для быстрой остановки вращения детали.





ГЛАВА XVIII

ОСОБЫЕ МЕТОДЫ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для получения высокого класса чистоты поверхности после шлифования производится ее дополнительная чистовая обработка абразивами. Существует несколько способов такой обработки поверхностей: 1) хонингование; 2) притирка; 3) суперфиниш и 4) полирование.

§ 1. ХОНИНГОВАНИЕ

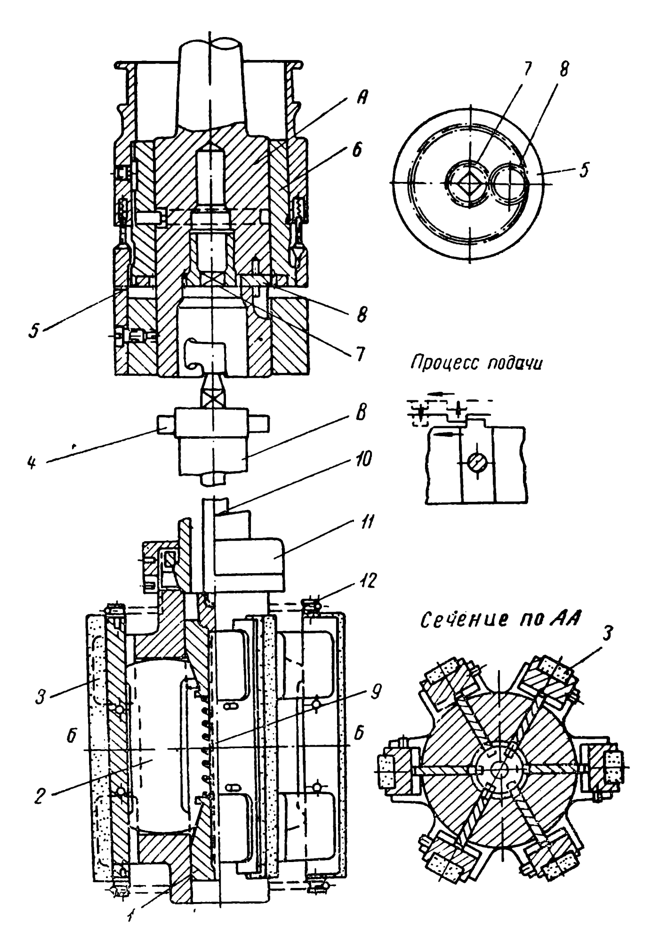
Хонингование состоит в дополнительной обработке хорошо расточенного или развернутого отверстия абразивными брусками, укрепленными в специальной головке. Значительно реже хонингование применяется для обработки наружных цилиндрических поверхностей. В настоящее время цилиндры двигателей внутреннего сгорания, паровых машин, компрессоров, гидравлических насосов и прессов, а также каналы орудийных стволов, отверстия шатунов и других деталей машин обрабатываются хонингованием.

Инструмент для внутреннего хонингования представляет собой цилиндрическую головку, на наружной поверхности которой расположены абразивные бруски. Эти бруски могут перемещаться в радиальном направлении, что позволяет устанавливать их на заданную величину размера обрабатываемого диаметра. Абразивные бруски для хонингования изготовляются абразивными заводами из карбида кремния и электрокорунда белого. Обычно их зернистость находится в пределах от 100 до 280, а для получения весьма чистых поверхностей применяется зернистость 320—М20.

Головки для хонингования применяются различных конструкций, но все они в своей основе состоят из двух частей — верхней и нижней. Верхняя часть головки, называемая патроном или контрольной головкой, служит для радиального раздвигания абразивных брусков. Нижняя часть головки является рабочей частью, в которой крепятся абразивные бруски. Обе части головки соединены шарниром.

На фиг. 242 показана головка для хонингования. Контрольная часть головки *А* имеет конический хвостовик, входящий в отверстие шпинделя станка. В эту часть головки входит гильза нижней рабочей части головки, которая соединяется с ней штифтами *4* и запирается защелкой, откинув которую, можно вынуть нижнюю часть *В*.

Установка инструмента на размер производится при помощи винта *9,* соединенного со стержнем *10,* проходящим через соединительную гильзу. Квадратный конец стержня *10* входит в отверстие зубчатого колеса *7,* находящегося в зацеплении с зубчатым колесом *8*. Это колесо в свою очередь соединяется с колесом *5* внутрен-



Фиг. 242. Хонинговальная головка.

него зацепления, впрессованным во втулку *6.* При вращении винта *9* конусы *1* будут перемещаться внутрь головки и с помощью сухариков *2* выжимать абразивные бруски *3* наружу. При обратном вращении винта *9* под действием пружин *12* абразивные бруски *3* будут перемещаться внутрь. Величина подачи устанавливается поворотом установочного кольца *11,* имеющего деления с ценой, равной 0,002 *мм.* Количество брусков рекомендуется принимать кратным 3 (6, 9, 12 и т. д.), что обеспечивает правильность геометрической формы обработанной поверхности.

В процессе хонингования головке сообщается два движения: вращательное вокруг и возвратно-поступательное вдоль оси обрабатываемого отверстия. В результате таких движений каждое абразивное зерно образует на обрабатываемой поверхности риску по винтовой линии правого направления при движении головки вверх и левого направления при движении ее вниз. Совокупность этих рисок, полученных в результате притирочного шлифования, представляет поверхность, образованную сеткой этих винтовых линий. Точность обработанного отверстия составляет 0,005—0,02 *мм*, а овальность и конусность могут быть получены до 0,005 *мм*.

Хонингование позволяет получать более гладкую поверхность и более точные размеры отверстия по всей его длине. Хонингованию подвергаются отверстия диаметром от 15 до 1500 *мм*. При этом достигается очень высокая производительность по сравнению с внутренним шлифованием, так как в данном случае поверхность соприкосновения брусков с обрабатываемой поверхностью больше, а время на установку детали и инструмента меньше ввиду того, что головка шарнирно соединена со шпинделем станка, а ее ось неточно совпадает с осью обрабатываемого отверстия. Используя многошпиндельные станки, возможно обрабатывать несколько отверстий одновременно.

Режим хонингования. Для обработки отверстия по всей длине необходимо, чтобы абразивные бруски головки имели некоторый перебег, т. е. выходили из обрабатываемого отверстия на величину 15—20 *мм* в каждую сторону. Обрабатываемые поверхности перед хонингованием должны быть чисто обработаны расточкой, развертыванием или шлифованием. Величина оставляемого припуска на выполнение данной операции зависит от обрабатываемого диаметра материала детали и от характера операции, предшествующей хонингованию. По литературным данным, после предварительной расточки отверстия припуск на хонингование следует оставлять в пределах 0,05—0,08 *мм*, после предварительного развертывания 0,02—0,04 *мм* и после предварительного шлифования — 0,01 *мм*.

Режимы резания. Окружная скорость инструмента при хонинговании составляет в среднем: для чугуна 60—75 *м/мин*, для стали 45—60 *м/мин*, для бронзы, алюминия и латуни 70—90 *м/мин*.

При различных отношениях скорости возвратно-поступательного движения к окружной скорости инструмента угол наклона винтовой линии, по которой идет резание, может быть различным. Практикой установлено, что при уменьшении скорости осевого движения (продольной подачи), т. е. при уменьшении угла подъема винтовой линии, поверхность получается более чистой. Этот угол подъема принимается обычно в пределах 15—30°

Отношение числа оборотов шпинделя к числу его двойных ходов выбирается в пределах от 1 до 3,5. Для небольших отверстий это отношение принимают равным от 1 до 2. Для черновой обработки это отношение берется больше, а для чистовой меньше. Давление брусков при предварительной притирке обычно устанавливается от 0,5 до 4 *кг/см*^{2} и при окончательной — от 0,5 до 2 *кг/см*^{2}. Хонингова-

ние производится с охлаждением. При обработке чугуна для охлаждения применяют керосин, при обработке стали — керосин с примесью парафина, а бронзовые детали хонингуют всухую или же для охлаждения их используют воду.

К числу недостатков хонингования следует отнести, главным образом, невозможность изменения направления оси обрабатываемого отверстия, так как головка шарнирно соединена со шпинделем. Кроме того, обработанные этим методом поверхности плохо сопротивляются износу, а отверстие получается неодинакового диаметра, с увеличением его у концов, или же, наоборот, бочкообразной формы. Правда, полученную овальность и конусность отверстия можно устранить, применяя метод коротких ходов. Для этого вначале обрабатывают места, имеющие наименьший диаметр, доводя их до большего размера, а затем переходят к обработке всего отверстия в целом.

При необходимости получения высокой степени чистоты поверхности процесс хонингования разделяют на предварительное и окончательное шлифование, производя последнее мелкозернистыми брусками и снимая незначительные по величине припуски.

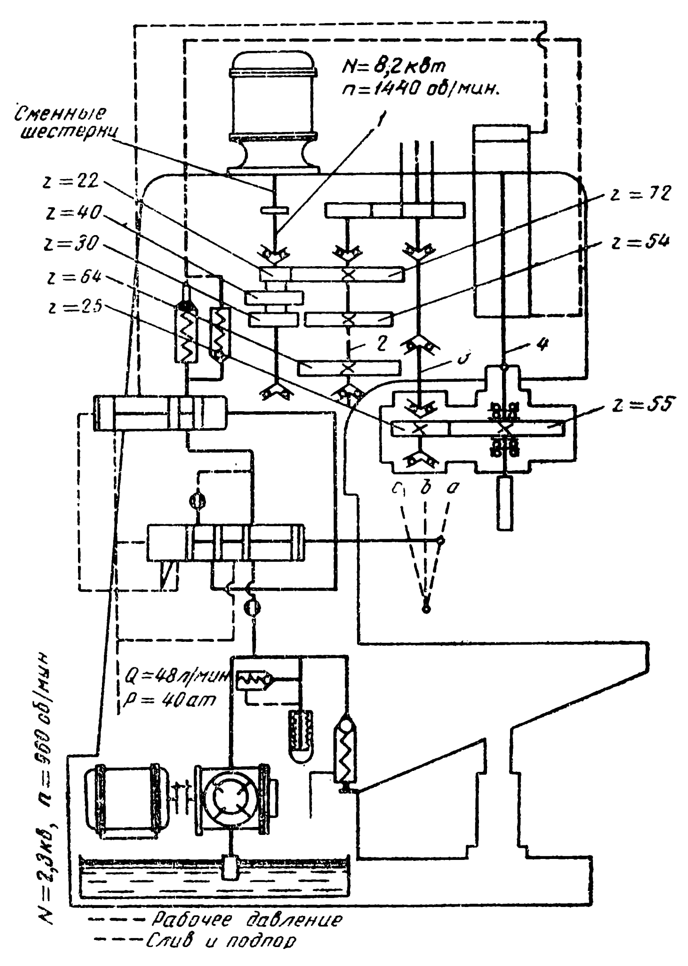
Станки для хонингования. Нашими заводами выпускаются одношпиндельные и четырехшпиндельные станки для хонингования блоков моторов. На фиг. 243 показана схема вертикального хонинговального станка модели 383. Краткое описание его устройства состоит в следующем.

Вращение головки. От электродвигателя мощностью 8,2 *квт* с числом оборотов в минуту 1440 движение передается на вал *1*, на котором находится подвижной блок в составе трех зубчатых колес с числом зубьев 22, 40 и 30. Зубчатые колеса могут соответственно соединяться с тремя другими зубчатыми колесами вала *2*, имеющими число зубьев 72, 54 и 64. Таким образом, вал *2* получает три скорости вращения. От вала *2* на вал *3* движение передается через сменные зубчатые колеса. В свою очередь этот вал передает движение шпинделю *4* через постоянную зубчатую передачу с числом зубьев 25 и 55.

Привод возвратно-поступательного перемещения головки. Эта функция станка полностью гидрофицирована. Обратимся к фиг. 244, где указана гидравлическая схема станка. От отдельного электродвигателя мощностью 2,3 *квт*, делающего 960 об/мин., приводится во вращение лопастной насос двойного действия. В этот насос масло поступает из резервуара станка через фильтр, а затем, проходя клапан, попадает в дроссель *3*. Назначение дросселя состоит в установлении скорости возвратно-поступательного перемещения поршня, а следовательно, и шпинделя станка.

При перемещении золотника *1*, соответствующем опусканию шпинделя, масло, попав из дросселя *3* в камеру *9*, перемещает реверсивный золотник *2*. При этом соединяются обе полости цилиндра друг с другом и поршень идет вниз. В крайнем нижнем положении поршня упор *8*, сидящий на шпинделе станка, действует на упор *6* и, таким образом, повертывает штангу с рукояткой *5*. Последняя при

помощи зубчатого сектора и зубчатой рейки перемещает золотник в левое положение, в результате чего реверсивный золотник *2* займет правое положение и включит подачу масла в верхней части рабочего цилиндра. Поршень будет подниматься вверх, пока упор *8* не нажмет на упор *7* и не переключит движение на обратное.



Фиг. 243. Кинематическая схема хонинговального станка модели 383.

Скорости возвратно-поступательного перемещения шпинделя вверх и вниз равны.

Для медленного ввода головки в обрабатываемое отверстие рукоятка *5* ставится в положение «медленно вниз». Это положение золотника *1* видно на фиг. 244.

Остановка станка производится вручную, для чего пилот переводится в крайнее правое положение, при котором насос отсоединится

Рабочий цилиндр

Направление движения масла при ходе поршня вниз

Направление движения масла при ходе поршня вверх

4

2

Парциальный фильтр (гармоника из фланели)

Предохранительный клапан фильтра

7

8

6

5

Стоп

медленно вниз

Вниз

Вверх

3

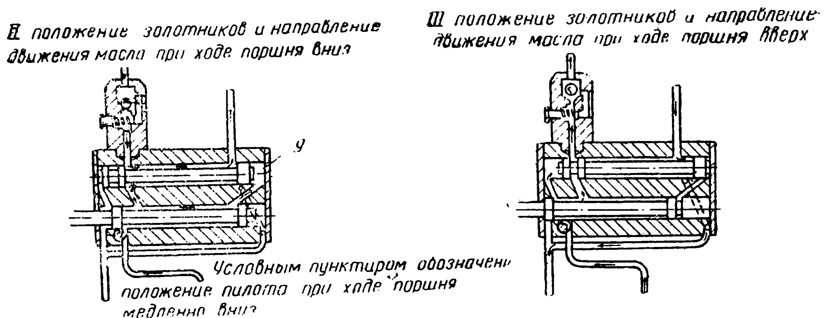
Чистое масло

I положение золотников и направление движения масла при установке „Стоп"

Клапан

Нагнетание

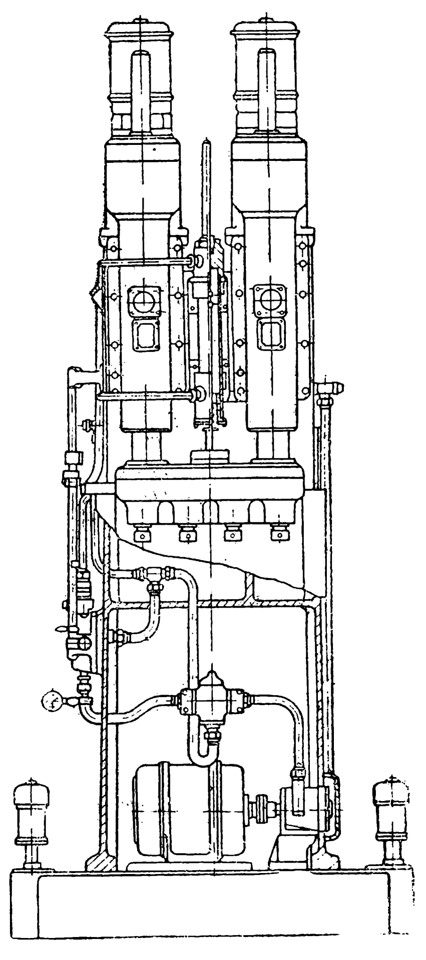
Всасывание



Фиг. 244. Гидравлическая схема станка модели 383.

от рабочего цилиндра и масло пойдет на слив в резервуар станка через дроссель *3*. Для уравновешивания рабочей части головки служит клапан *4*.

Наибольшая длина поверхности, которую можно обработать на этом станке, составляет 300 *мм*. Необходимая величина хода шпинделя регулируется переставными упорами *7* и *6*.



Фиг. 245. Общий вид четырехшпиндельного хонинговального станка типа 5Х-Л4.

Четырехшпиндельный хонинговальный станок типа 5Х-Л4 завода имени Ленина изображен на фиг. 245. Этот станок, позволяя производить обработку четырех гильз одновременно, дает высокую производительность. На столе станка устанавливаются два приспособления для закрепления гильз. Во время обработки гильз, установленных в одном приспособлении, производится снятие готовых и установка следующих гильз для обработки во втором приспособлении. Такой метод работы дает высокую производительность станка.

Краткая характеристика станка:

Диаметр обрабатываемых отверстий в *мм*	85—150
Ход шпинделя в *мм*	450
Вылет шпинделя в *мм*	350
Число об/мин. шпинделя	70—45
Скорость возвратно-поступательного движения шпинделя в *м/мин.*	18—20

Необходимое число оборотов шпинделей этого станка устанавливается сменными зубчатыми колесами. От электродвигателя на шпиндель движение передается через четыре пары зубчатых колес. Привод возвратно-поступательного движения шпинделя одинаков с рассмотренным одношпиндельным станком типа 383.

§ 2. ПРИТИРКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Притирка, или доводка,— это процесс окончательной обработки поверхности для придания ей точных размеров и высокой степени чистоты.

В качестве режущих инструментов при доводке применяются притиры. Притирка осуществляется при помощи абразивного порошка, нанесенного на поверхность притира, сделанного из материала более мягкого, чем обрабатываемый, например: медь, свинец, чугун, баббит, твердые сорта дерева и др. Это необходимо для того, чтобы зерна шлифующего вещества плотно держались в притире и ни в коем случае не проникали в металл стенок обрабатываемой детали.

Процесс насыщения поверхности притира абразивным материалом называется шаржированием. Принудительное шаржирование притира производится при помощи стальных роликов и чугунных плит, но может производиться и самопроизвольно, в процессе осуществления доводки абразивными смесями со смазочно-охлаждающими жидкостями.

Качество получаемой поверхности зависит от рода применяемых абразивов и смазывающих веществ. Для притирки используются абразивные зерна, имеющие закругленную форму, так как они дольше сохраняют режущие свойства и дают лучшую поверхность. Полирующие абразивные материалы, наносимые на притиры, разнообразны: к ним относятся корундовые и электрокорундовые микропорники и микропорники из карбида кремния, алмазная пыль, окись хрома и крокус (окись железа). В качестве смазывающих и охлаждающих жидкостей применяют керосин, парафин с примесью минерального масла, олеиновую кислоту и содовую воду.

Обычно для притирки применяются абразивные порошки с применением смазочно-охлаждающих жидкостей или различные пасты.

Существует много различных рецептов паст. Отличные результаты дает паста ГОИ, составленная и разработанная Государственным оптическим институтом (отсюда и название пасты). Она применяется для доводки каленых, азотированных и хромированных поверхностей, а также для деталей из чугуна, цветных металлов и др.

Паста ГОИ выпускается в виде прессованных палочек. В состав пасты ГОИ входит окись хрома (прокаленная), силикагель, стеарин, расщепленный жир, керосин и др. Паста делится на грубую, среднюю и тонкую. Грубая паста снимает слой металла в пределах от 40 до 17 микрон, средняя — от 16 до 8 микрон и тонкая — от 7 до 1 микрона.

Эта абразивная возможность пасты определяется таким образом. При 100 возвратно-поступательных движениях стальной закаленной плитки с длиной хода около 40 *мм* толщина снимаемого слоя металла составляет: для грубой пасты 17—40 микрон, средней 8—16 микрон и тонкой 1—7 микрон.

Грубая паста имеет темно-зеленый, почти черный цвет, средняя — темно-зеленый, тонкая — светло-зеленый.

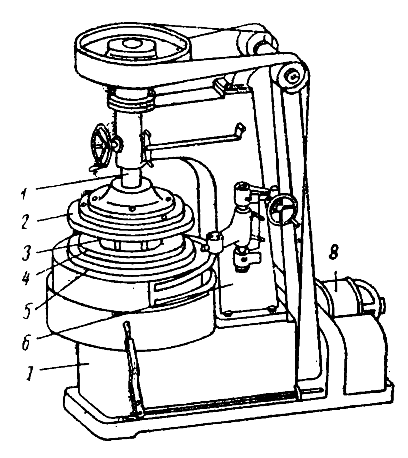
Перед шаржированием пастой поверхность чугунной плиты слегка смачивается керосином, протирается почти досуха чистой тряпкой, а затем покрывается равномерным слоем пасты. Грубой и средней пастами делают доводку детали со снятием небольшого слоя металла — припуска на эту операцию. Тонкой пастой удаляют только слой

окисла металла, повышая, главным образом, чистоту поверхности.

Притирка требует очень тонкой предварительной обработки, так как при ней процесс резания производится со снятием очень малой стружкой с детали изделия твердыми и мелкими зернами абразива. Припуск на доводку не должен превышать 0,005—0,0075 *мм*. Точность доводки на механических станках достигает 0,002—0,003 *мм*.

Для ускорения процесса доводки чугунные притиры заменяют иногда абразивными кругами высокой зернистости (280—320). При этом качество поверхности получается выше, чем при шлифовании, но ниже, чем при доводке притирами.

Доводка представляет собой один из наиболее точных способов окончательной обработки поверхностей, но далеко не самый производительный. Поэтому для механизации этого процесса сконструирован ряд станков, преимущественно специализированных. Имеются станки для доводки шеек коленчатых валов, колец шарикоподшипников, поршневых колец, станки для доводки плоских поверхностей деталей и т. д.



Фиг. 246. Общий вид притирочного станка.

Притирочный станок. По внешнему виду притирочный станок напоминает вертикально-сверлильный станок (фиг. 246). Станок имеет станину *7* и стойку *6*. Электродвигатель *8* приводит в движение верхний притирочный диск *2*, сидящий на шпинделе *1*, и нижний диск *5*, представляющий собой стол с помещенными на нем деталями. Детали *3* закладываются свободно в сепаратор (деталедержатель) *4*, выполненный в виде диска с прорезями, соответствующими форме обрабатываемых деталей. Чугунные диски *2* и *5* шаржируются мелкозернистым абразивным порошком.

Сепаратор вместе с деталями, помещенными между верхним и нижним дисками, получает движение от эксцентриков. Такое движение обеспечивает равномерное снятие металла с обрабатываемой поверхности. Верхний и нижний диски вращаются либо в одну сторону, либо в разные стороны с различной скоростью.

Гнезда в сепараторе выполняются по размерам обрабатываемых деталей, с небольшим зазором. Детали располагаются по всей окружности сепаратора, причем их оси направлены не в радиальном направлении сепаратора, а под некоторым углом. При радиальном расположении деталей получается разница в линейных скоростях отдельных точек по длине детали, вследствие чего образуется конусность на поверхности детали, причем наиболее удаленный конец получает наименьший диаметр. Установка деталей не по радиальному направлению дает более правильную цилиндрическую поверхность.

Подбору угла расположения детали в сепараторе уделяется большое внимание при наладке станка. При слишком большом угле деталь может получить огранку.

§ 3. СУПЕРФИНИШ

Суперфиниш — это процесс тончайшей отделки поверхности. Назначение процесса — придать наивысшую степень чистоты поверхности, не влияя на размер детали. Требуемую точность обработки следует получить во время подготовительной операции, например, при шлифовании, оставляя припуск на суперфиниш или на так называемое отделочное шлифование приблизительно 5 микрон на диаметр.

Сущность процесса суперфиниширования состоит в том, что с поверхности вращающейся детали металл снимается весьма мелкозернистыми абразивными брусками (зернистость 300—500). Эти бруски перемещаются непрерывно и медленно вдоль образующей обрабатываемой поверхности при одновременном возвратно-поступательном движении на величину 2—5 *мм*.

К характерным особенностям суперфиниша относятся: а) незначительная скорость резания; б) весьма малая глубина резания; в) быстрое возвратно-поступательное движение брусков; г) сложный путь движения каждого абразивного зерна по обрабатываемой поверхности; д) применение специальной смазывающей жидкости; е) небольшие давления абразива; ж) отсутствие нагрева детали; з) незначительная продолжительность обработки.

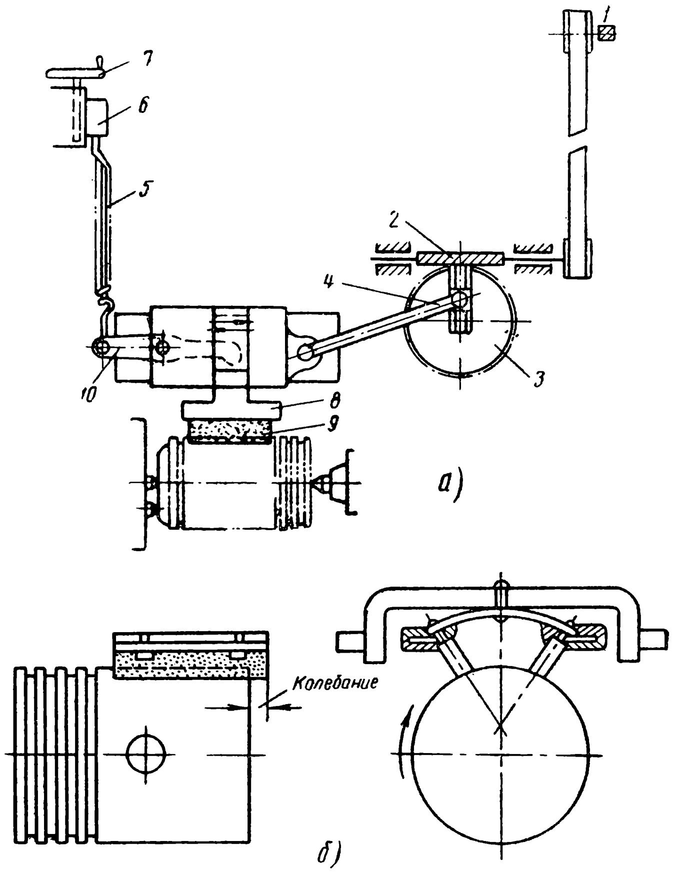
В процессе суперфиниширования абразивные бруски совершают быстрые возвратно-поступательные движения, примерно от 250 до 1000 двойных ходов в минуту. Число двойных ходов абразивных брусков находится в таком отношении к числу оборотов детали, что одно абразивное зерно не проходит дважды по одному и тому же пути. Поэтому зерно режет не одним участком грани, выступающим из связки шлифовального бруска, а различными. Зерно при этом лучше охлаждается. Длина хода каждого зерна мала, и поэтому стружка при отделочном шлифовании очень короткая. Обрабатываемая поверхность не шаржируется абразивными зернами, так как их давление на эту поверхность незначительно.

Процесс суперфиниширования ведется с обильной смазкой. Смазка необходима для того, чтобы удалить образующуюся стружку и отработанные абразивные зерна и образовать тонкую масляную пленку, необходимую для достижения высокой степени чистоты обработанной поверхности.

В начале процесса, пока на поверхности имеются гребешки, масляная пленка разрывается острыми вершинами гребешков и поэтому происходит срезание верхушек гребешков абразивными брусками. В конце обработки, когда с обрабатываемой поверхности выступающие гребешки будут сняты и она станет гладкой, смазка образует непрерывную масляную пленку между поверхностями детали и абразивного бруска. Ввиду незначительного давления абразива процесс резания прекратится, так как масляная пленка будет восприни-

мать все давление абразива. Дальнейшее продолжение процесса станет бесцельным, так как резания больше происходить не будет.

В качестве смазки применяются жидкости следующего состава: керосин 10 частей; масло 1 часть; или керосин 10 частей; турбинное масло 1 часть. При суперфинишировании температура поверхности



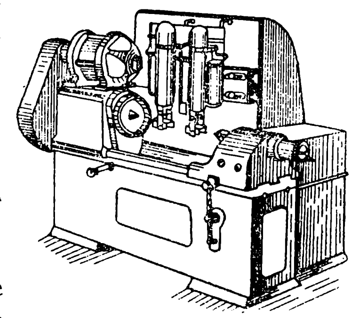
Фиг. 247. Схема конструкции приспособления для суперфиниширования поршня (*а*) и схема его работы (*б*).

обрабатываемой детали повышается всего около 1° С, а продолжительность обработки составляет от 3 до 50 сек.

Станки для суперфиниша. Для проведения процесса суперфиниширования применяются приспособленные для этой цели универсальные станки или же специальные станки для суперфиниша.

Схема станка, приспособленного на Московском автозаводе для суперфиниширования поршня, приведена на фиг. 247, *а*. Для этой цели был использован круглошлифовальный станок 3Г-12. На его шпиндель установили шкив *1,* от которого движение посредством ременной передачи передается на червяк *2* и червячное колесо. На

одном валу с червячным колесом находится кривошипный диск *3* и посредством шатуна *4* брускам *9* сообщается возвратно-поступательное движение (фиг. 247, *б*). Длину этих перемещений брусков можно регулировать, передвигая палец шатуна *4* по прорези диска *3*. Давление на абразив достигается при помощи пружины *5*. Ее натяжение можно регулировать с помощью гайки и винта *6*, на конце которого надет маховичок *7*. Натяжение пружины поднимает верхний конец рычага *10*, а нижний в это время давит на абразивную головку *8*.



Фиг. 248. Станок для суперфиниша.

В абразивную головку вставлены бруски, имеющие некоторое свободное перемещение в вертикальном направлении. Это дает возможность брускам самоустанавливаться на поверхности обрабатываемой детали. Давление бруском передается через резино-

Метод отделки		Качество поверхности	Глубина рисок в микронах
Обточка	Резец; Деталь	Шероховатость	1,25 до 12,5
Шлифовка	Деталь; Шлифовальный круг		0,9 до 5
Притирочное шлифование	Деталь; Притир		0,13 до 1,25
Доводка	Притир; Деталь		0,08 до 0,25
Отделочное шлифование	Шлифовальные бруски; Деталь		0,01 до 0,25

Фиг 249. Чистота поверхности при различных способах чистовой обработки.

вую прокладку. Обрабатываемая деталь приводится во вращение так же, как и при наружном круглом шлифовании. Для этого деталь устанавливается между упорными центрами передней и задней бабки станка.

√ Для обработки плоских поверхностей делаются специальные станки.

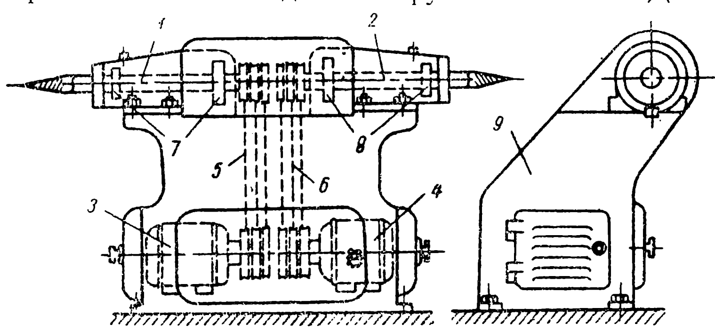
Станок специального назначения для суперфиниширования с помощью брусков, имеющих возвратно-поступательное движение, располагает теми же движениями, которые были рассмотрены на приспособлениях к обычным шлифовальным станкам (фиг. 248). Между упорными центрами шлифовальной и задней бабок устанавливается обрабатываемая деталь, которая получает медленное вращение и возвратно-поступательное движение вместе со столом станка. Два вертикальных супорта, в которых укреплены абразивные бруски, могут быть установлены по высоте в зависимости от диаметра обрабатываемой детали и совершать возвратно-поступательные движения.

Суперфиниш в настоящее время применяется для обработки некоторых автотракторных деталей, деталей металлорежущих станков, валков прокатных станов и др. Этим способом производится также в некоторых случаях доводка режущих и измерительных инструментов.

На фиг. 249 для сравнения указаны методы обработок, характер получаемой поверхности и глубина неровностей обработки.

§ 4. ПОЛИРОВАНИЕ

Полирование — это такой процесс, при котором обеспечивается не только гладкость, но и зеркальность обрабатываемой поверхности. Риски на поверхности детали после полирования настолько малы, что они совершенно незаметны для невооруженного глаза. Деталь под-



Фиг. 250. Двухшпиндельный полировальный станок завода имени С. М. Кирова.

вергают полированию после чистового шлифования. При полировании употребляют круги из ткани, войлока, фетра, кожи и других мягких материалов.

Режущая часть круга — абразивный порошкообразный материал, наносимый на круг и удерживающийся при помощи клея. Рекомен-

дуется применять мездровый клей. Покрытие круга полирующим веществом производится незадолго до его употребления. Для этого клей предварительно размачивается в холодной дистиллированной воде, нагревается до температуры 55—60° и при такой температуре клей и абразивный материал наносятся на поверхность круга. При нанесении крупнозернистого абразивного материала употребляют густой клей, а для нанесения мелкозернистого — жидкий.

В качестве полирующих веществ применяют те же материалы, что и при доводке. Скорость резания при полировании колеблется от 20 до 35 *м/сек*. При большей скорости наблюдается обугливание кругов, при меньшей процесс полирования замедляется.

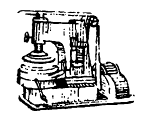
В последнее время значительное развитие получил процесс жидкостного полирования. Жидкостное полирование позволяет обрабатывать поверхности самой сложной формы. При этом процессе эффективно используется абразивное зерно, так как оно работает многими гранями при циркуляции с жидкостью.

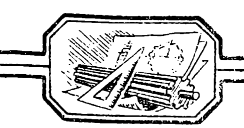
Полировальные станки. Полировальные станки делятся на две группы: 1) для ручного полирования и 2) для автоматического полирования.

На фиг. 250 показана схема двухшпиндельного полировального станка завода имени С. М. Кирова. Шпиндели *1* и *2* приводятся в движение от индивидуальных электродвигателей *3* и *4*, передающих движение через ремни *5* и *6*. Каждый шпиндель имеет по два подшипника *7* и *8*, обеспечивающих точность работы. На шпинделе устанавливаются полировальные круги.

Конструкция станины *9* очень удобна, так как позволяет обрабатывать громоздкие детали. Число об/мин. шпинделя станка равно 2000.

Кроме простейших полировальных станков, выпускаются универсальные полировальные станки. Эти станки снабжаются большим количеством полировальных кругов, которые можно устанавливать под различными углами, в зависимости от формы полируемой детали, и производить обработку одновременно всей поверхности детали.





ГЛАВА XIX

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И ПРОИЗВОДСТВА, ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Важнейшей задачей социалистической организации производства является неуклонное повышение производительности труда, которое является основой экономического могущества социалистического государства. В. И. Ленин писал, что «Производительность труда, это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя»*. В директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 годы сказано, что «Главные задачи шестого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР состоят в том, чтобы на базе преимущественного развития тяжелой промышленности, непрерывного технического прогресса и повышения производительности труда обеспечить дальнейший мощный рост всех отраслей народного хозяйства, осуществить крутой подъем сельскохозяйственного производства и на этой основе добиться значительного повышения материального благосостояния и культурного уровня советского народа»**.

Задача социалистической организации производства на предприятии состоит в создании условий для безусловного выполнения и перевыполнения плана предприятия при одновременном непрерывном улучшении качественных показателей производства и обязательном улучшении условий труда, повышении теоретического и культурного уровня трудящихся.

Для непрерывного роста производительности труда необходим высокий уровень организации производства. Главными требованиями к организации производства в настоящее время являются:

а) создание условий для производительной работы;

б) максимальная механизация и автоматизация производственных процессов, устранение ручных непроизводительных и утомительных операций;

в) безопасность работы на рабочем месте;

---

* В. И. Ленин, Сочинения, изд. 4, т. 29, стр. 394.

** Резолюция XX съезда Коммунистической партии Советского Союза, Госполитиздат, стр. 30, 1956.

г) бесперебойное снабжение рабочего места сырьем и материалами, технической документацией, инструктажем и контролем продукции.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Рабочий должен знать, кто его обязан обслуживать, чтобы не терять времени на вспомогательные работы. Для этого следует ознакомиться со всем обслуживающим персоналом участка или цеха и выполняемой им работой. За всю работу цеха несет ответственность начальник цеха. Мастер цеха руководит работой на участке и несет ответственность за всю работу своей смены. В цехах, имеющих большое количество участков, возглавляемых мастерами, могут устанавливаться должности старших мастеров при условии, что в подчинении старшего мастера находится не менее трех мастеров. Поэтому мастер, старший мастер и начальник производственного участка являются полноправными руководителями и непосредственными организаторами производства и труда. Все указания, даваемые мастером, являются обязательными для всех работающих на участке. Мастер непосредственно подчиняется начальнику цеха, а в тех случаях, где имеются начальники участков и старшие мастера, он подчиняется соответственно начальнику участка или старшему мастеру. Мастера и начальники участков имеют следующие права:

1) принимать на работу, производить расстановку рабочих на участке и с утверждения начальника цеха освобождать излишних рабочих, а также увольнять рабочих, систематически нарушающих производственную или трудовую дисциплину;

2) присваивать рабочим тарифные разряды в установленном порядке;

3) премировать рабочих за высокие производственные показатели;

4) налагать дисциплинарные взыскания на рабочих в установленном порядке, допускающих нарушение производственной и трудовой дисциплины, переводить на нижеоплачиваемую работу рабочих, систематически не выполняющих по их вине норм выработки и допускающих брак в работе;

5) не допускать выполнения работы на неисправном оборудовании и с применением неисправных инструментов, приспособлений и контрольно-измерительных приборов, а также использования в производстве материалов, не отвечающих техническим условиям. Главными обязанностями мастера и начальника участка являются:

1) выполнение участком плановых заданий по объему производства, неуклонное повышение производительности труда, изготовление продукции высокого качества, снижение производственных затрат на единицу продукции;

2) установление производственных заданий бригадам рабочих и отдельным рабочим, инструктаж рабочих, освоение и выполнение каждым рабочим норм выработки;

3) максимальное использование производственных мощностей, производительная работа всех рабочих участка на протяжении всей смены;

4) строжайшее соблюдение установленной технологической, производственной и трудовой дисциплины, чистоты и порядка на рабочих местах;

5) предупреждение брака и простоев в работе, потерь сырья, топлива, энергии, материалов и устранения причин, их вызывающих;

6) выявление и внедрение в установленном порядке новых высокопроизводительных технологических процессов и передовых методов производства и труда;

7) обязательное участие в разработке производственных графиков, обеспечение своевременной подготовки производства и равномерной работы по графикам;

8) пересмотр в установленном порядке норм выработки и расценок, недопущение перерасхода фонда заработной платы по участку;

9) создание условий для выполнения рабочими социалистических обязательств, содействие развитию рабочего изобретательства;

10) строгое соблюдение правил техники безопасности и охрана труда работающих.

Вопросы планирования и загрузки рабочего места лежат на обязанности мастера. Если система работы бригадная, то загрузкой рабочих ведает бригадир. Для непосредственной помощи мастеру и бригадиру в планировании и учете работы в цехе предусмотрена планово-диспетчерская группа, состоящая из заведующего планово-распределительным бюро, диспетчеров и нарядчиков. Указания об очередности выполнения работ мастер получает непосредственно от начальника цеха, диспетчера или заведующего планово-распределительным бюро. Наряды на выполняемую работу рабочий получает от нарядчиков — с ведома мастера цеха.

В массовом производстве обычно выдаются пятидневные наряды на всю работу, планируемую на данное рабочее место. Внеплановые работы или работа, выполняемая по специальному техническому извещению, оформляются особыми нарядами, причем у рабочего обязательно остается копия такого наряда для учета и контроля заработка. В каждом наряде должна быть указана норма, расценок, фамилия рабочего, которому поручается работа. Наряду с этим применяется безнарядная система работы.

После выполнения работы контролер отдела технического контроля (ОТК) проверяет изготовленную продукцию и проставляет в наряд количество годных деталей, а если есть брак, то отмечает его количество и указывает конкретного виновника, оформляя при этом извещение о браке. В заключение мастер цеха подписывает и направляет наряд в бухгалтерию цеха для оплаты. Внеплановые работы, кроме того, иногда подписываются ответственным лицом, разрешившим выполнить эту работу.

Под технической документацией понимают технологические, нормировочные и инструкционные карты. В технологических картах приводятся все данные, касающиеся детали, порядка ее обработки, с

точным определением норм выработки на основании технических данных оборудования, инструмента, приспособлений и т. п. или же на основании хронометража. Очень важна для обслуживания каждого рабочего места работа контрольного отдела и его представителя — контролера. Она заключается не только в контроле качества изготовленной продукции, но и в непосредственной помощи рабочему в выявлении причин брака и в своевременном их устранении.

Бесперебойная работа станка и всех механизмов находится в прямой зависимости от обслуживающей рабочее место ремонтной группы.

В задачи цеховой ремонтной группы входит надзор за оборудованием, устранение аварийных остановок станка, периодические осмотры и ремонты, предусмотренные системой планово-предупредительного ремонта оборудования. Ремонтная группа следит за состоянием всего механического оборудования цеха, регулирует разладившиеся части механизма станка, заменяет износившиеся шарикоподшипники, шкивы и другие детали станка.

График планово-предупредительного ремонта составляется исходя из межремонтного периода, установленного для каждого вида оборудования в отдельности. Эти графики составляет по всем цехам главный механик завода.

Кроме ремонтной группы слесарей, в цехах имеется дежурный электрик. Электрики цеха обязаны следить за состоянием электрооборудования станков и рабочих мест, правильностью его эксплуатации и устранять его повреждения. По сменам в цехе имеются дежурные слесари и электрики.

В обслуживании рабочего места весьма важную роль играет и младший обслуживающий персонал.

Цеховая практика показала, что для лучшей организации рабочего места и в целях ликвидации обезлички необходимо закреплять обслуживающий персонал за производственным участком и отдельным оборудованием.

Наиболее долгое сохранение парка шлифовальных станков в работоспособном состоянии является одной из основных задач работников машиностроительной промышленности. Шлифовщик, хорошо знающий станок и регулярно ухаживающий за ним, может добиться высокой производительности труда.

§ 3. МНОГОСТАНОЧНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

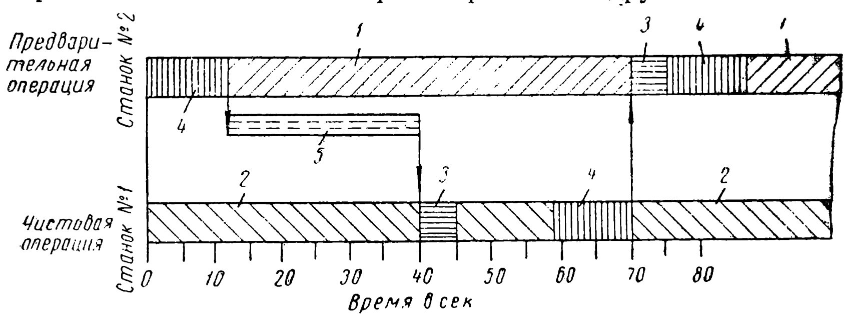
Многостаночным обслуживанием называется работа одного рабочего на нескольких станках, с полным использованием этого оборудования как по времени, так и по мощности. Для создания устойчивой многостаночной работы необходимо создать определенные условия, к которым в первую очередь относятся:

1. Подбор обрабатываемых деталей.
2. Создание многостаночной технологии.
3. Удобное расположение станков, объединяемых в группу для многостаночного обслуживания.

4. Надлежащая организация рабочего места многостаночника.

Подбор обрабатываемых деталей. Подбирать детали для шлифования их в условиях многостаночного обслуживания необходимо с таким расчетом, чтобы непрерывное машинное время при шлифовании одной какой-либо детали было бы больше суммы вспомогательного времени на других станках. При этом условии отдельные станки не будут простаивать из-за задержки и установки детали на другом станке.

На фиг. 251 показан график работы А. Овчаровой на двух станках. Из графика видно, что машинное время одного станка здесь перекрывает вспомогательные приемы работы на другом.



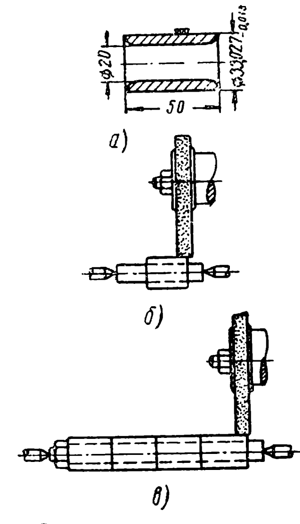
Фиг. 251. График работы А. Овчаровой (ГПЗ1) на двух станках:
1 — машинное время чернового цикла; 2 — машинное время чистового цикла; 3 — правка шлифовального круга; 4 — управление станком, съем и установка детали; 5 — укладка колец из кассеты на стол, промер колец, наблюдение за работой станков.

Создание многостаночной технологии. Основное содержание многостаночной технологии состоит в том, чтобы увеличить время непрерывной работы станка (машинное) и уменьшить вспомогательное время (ручное). При этом время изготовления детали должно быть не более, чем при обработке ее на одном станке. Только при этом условии можно создать устойчивое многостаночное обслуживание нескольких станков. Для увеличения машинного времени следует увеличивать количество одновременно шлифуемых деталей.

На фиг. 252 показан пример одновременного шлифования 4 втулок вместо одной. При установке на оправку по одной втулке шлифование ее наружной поверхности занимало 2 мин. При одновременном шлифовании 4 шт. время, приходящееся на одну деталь, уменьшилось до 1,1 мин. Даже при неизменных режимах шлифования производительность повышается на 80%. Непрерывное машинное время при этом составляет около 4 мин. Произошло резкое уменьшение вспомогательного времени, что дало возможность работать на нескольких станках.

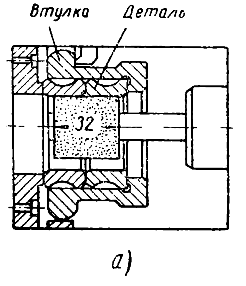
Другой аналогичный пример, показанный на фиг. 253, взят из практики работы новаторов-шлифовщиков ГПЗ1. Сокращение вспомогательного времени достигается только за счет применения специальных приспособлений, ускоряющих установку деталей, измерение в процессе шлифования и т. д.

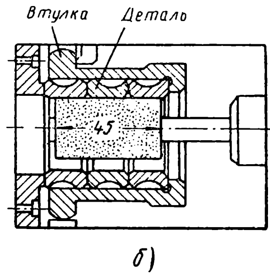
Удобное расположение станков, объединенных в группу для многостаночного обслуживания, определяется весом и размерами обрабатываемых деталей, длительностью операций, соотношением между вспомогательным и машинным временем. При расположении станков необходимо учитывать возможность удобного обзора работы на всех станках с минимальной затратой времени на переход от станка к станку. Группа станков, переведенная на многостаночное обслуживание, должна иметь замкнутый вид, т. е. механизмы управления их должны быть обращены к рабочему месту. Линейная установка станков нежелательна, так как при этом затрачивается больше времени на переход рабочего от станка к станку и лишает его



Фиг. 252. Пример рационализации процесса шлифования втулки:

а — втулка; *б* — шлифование на оправке по одной штуке; *в* — шлифование на оправке по четыре штуки.





Фиг. 253. Пример повышения производительности за счет увеличения количества одновременно шлифуемых деталей:

а — схема шлифования при одновременной обработке двух деталей; *б* — то же, трех деталей.

возможности следить за работой на других станках. Станки с малым машинным временем, требующие от рабочего большего внимания, следует располагать ближе к центру рабочего места.

Многостаночник обслуживает несколько станков. Чтобы они работали полное время, необходимо особенно внимательно относиться к нуждам и запросам многостаночников и не допускать перебоев в подаче заготовок, инструментов, приспособлений и т. д.

§ 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Под техническим нормированием понимают установление необходимых затрат времени на выполнение заданной работы.

Техническое нормирование позволяет рассчитать производственные мощности заводов, цехов и производительность отдельных станков, определить потребность в оборудовании и рабочей силе. Без технического нормирования невозможно составление реальных производственных планов завода, цеха, участка, невозможно плани-

рование промышленности в целом. Кроме того, техническая норма является основой для определения себестоимости выпускаемой заводами продукции, а также для установления заработной платы рабочим.

Задачей технического нормирования является определение времени, необходимого для обработки детали, при принятом для нее технологическом процессе.

Норма выработки и норма времени. Под нормой времени понимают время, необходимое для обработки детали, при определенном технологическом процессе.

При установлении нормы времени следует предусматривать следующее:

а) станочник не должен выполнять таких работ, которые должны выполняться вспомогательными рабочими;

б) в норму не должно включаться время на приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;

в) в норму не должны входить потери времени из-за каких-либо организационных неполадок; таким образом, норма предусматривает непрерывное и своевременное обслуживание рабочего места всем необходимым;

г) в норму не должны входить потери времени на исправление забракованных или на изготовление взамен их новых деталей;

д) при установлении нормы времени должны учитываться нормальные припуски на обработку, нормальный сорт и качество материала, соответствующие станок и инструмент.

Отклонения от нормальных условий могут быть учтены нормировщиком отдельно на каждую партию специальным доплатным листком.

Норма выработки измеряется количеством деталей, обработанных в единицу времени (обычно за час или смену). Норма времени на любую работу не является чем-то постоянным и неизменным. Она изменяется в связи с изменением условий обработки детали и технологических процессов с совершенствованием технологии производства, внедрением механизации и автоматизации и ростом общей технической культуры.

Состав нормы времени. Техническая норма времени на операцию состоит из двух основных частей:

а) нормы подготовительно-заключительного времени;

б) нормы штучного времени:

$$T_{парт} = T_{шт}z + t_{п.з},$$

где $T_{парт}$ — норма времени на партию;

$T_{шт}$ — норма штучного времени;

z — число деталей в партии;

$t_{п.з}$ — время подготовительно-заключительной работы.

Подготовительно-заключительным временем называется то время, которое затрачивается на:

а) ознакомление с чертежом и технологическим процессом;

б) установку инструмента (шлифовального круга) и приспособлений для выполнения заданий, наладку станка;

в) снятие инструмента (шлифовального круга) и приспособлений и выполнение всех приемов, связанных с окончанием заданной работы.

Характерная особенность подготовительно-заключительного времени состоит в том, что оно затрачивается рабочим один раз при изготовлении заданной партии деталей.

Для достижения наибольшей производительности необходима четкая организация рабочего места и разделение труда между производственными и подсобными рабочими.

Составными частями нормы штучного времени являются:

1. Основное (технологическое) время.
2. Вспомогательное время.
3. Время обслуживания рабочего места.
4. Время перерывов на отдых и т. д.

Основным (технологическим) временем t_0 называется такое время, в течение которого происходит изменение формы и размеров обрабатываемой детали. Основное (технологическое) время может быть:

а) машинным, если изменение формы и размеров детали производится на оборудовании без непосредственного участия рабочего, например, шлифование вала на шлифовальном станке с автоматической подачей стола;

б) машинно-ручным, если изменение формы и размеров детали производится на оборудовании с участием рабочего, например, шлифование вала на шлифовальном станке с ручной подачей стола;

в) ручным, если изменение формы и размеров детали производится рабочим.

Для определения основного машинного времени следует пользоваться табл. 29.

Вспомогательным временем $t_в$ называется такое время, которое затрачивается рабочим на различные приемы для выполнения заданной работы. К вспомогательному времени относится время на:

а) установку и снятие детали, зажим и освобождение детали;

б) управление станком (пуск и останов станка, подвод и отвод инструмента, изменение величины продольной подачи и т. д.);

в) контроль обрабатываемых деталей.

Время обслуживания рабочего места $t_{об.р.м}$ есть то время, которое затрачивает станочник на уход за рабочим местом в течение смены. Оно подразделяется на время технического и организационного обслуживания рабочего места. Время технического обслуживания рабочего места включает в себя время на смену инструмента (шлифовального круга) вследствие износа его, время на регулирование и подналадку станка в процессе работы, время на правку шлифовального круга, время на сметание стружки в процессе работы.

Время организационного обслуживания рабочего места включает в себя время на раскладку и уборку инструмента в начале и в конце смены и время на смазку и чистку станка. Время перерывов на

Таблица 29

Формулы машинного времени $t_м$ для основных видов шлифования
(время дано на 1 проход)

1. Круглое наружное и внутреннее шлифование по методу многократных проходов 2. То же врезанием	$t_м = A \frac{lq}{n s_{пр} s_{п.\,п}}$ $n = \frac{1000 v_д}{\pi d_д}$ $t_м = A \frac{q}{s_{п.\,п}}$	A — коэффициент от 1,1 до 1,5 (на вывод искры); l — длина шлифования в *мм*; q — припуск на сторону в *мм*; $s_{пр}$ — продольная подача на 1 оборот детали в *мм*; $s_{п.\,п}$ — поперечная подача (глубина резания) на 1 двойной ход в *мм*; n — число оборотов детали в 1 мин.; $v_д$ — скорость вращения детали в *м/мин*; $d_д$ — диаметр детали в *мм*
3. Плоское шлифование периферией круга на прямоугольном столе 4. То же торцом круга (диаметр круга больше ширины детали)	$t_м = A \frac{Bq}{n_c s_{пр} s_{п.\,п}}$ $n_c = \frac{1000 v_д}{2L}$	B — ширина шлифования плюс перебег круга в *мм*; n_c — число двойных ходов стола в 1 мин.; $s_{пр}$ — продольная подача круга на 1 двойной ход в *мм*; $v_д$ — подача детали в *м/мин*; L — длина шлифования плюс перебег круга в *мм*
5. То же торцом круга на круглом столе станка	$t_м = A \frac{q}{n_o s_{п.\,п}}$	n_o — число оборотов круглого стола в 1 мин.; A — коэффициент от 1,0 до 2,0 (на вывод искры)

отдых дается в норме в зависимости от условий работы, тяжести, напряженности труда и т. п. В норму времени включается время перерывов только лишь на тяжелых работах. Во всех остальных случаях время на отдых в норму времени не включается, в ней предусматривается лишь время на естественные надобности.

Таким образом, формула нормы штучного времени будет иметь вид:

$$T_{шт} = t_o + t_в + t_{об.\,р.\,м} + t_{е.\,н}\,,$$

t_o — основное время в мин.;
$t_в$ — вспомогательное время в мин.;
$t_{об. р. м}$ — вспомогательное время обслуживания рабочего места (организационное и техническое) в мин.;
$t_{е. н}$ — время, необходимое на естественные надобности в мин.

На практике время обслуживания рабочего места и время на естественные надобности исполнителя определяется не в минутах, а в процентном отношении от основного и вспомогательного времени.

Норма времени на операцию будет иметь вид:

$$T = T_{шт} + \frac{t_{п. з}}{z},$$

где T — норма времени на операцию (другими словами, норма штучного времени с учетом подготовительно-заключительного времени).

Зная норму времени на операцию в минутах, норму выработки в штуках можно определить по формуле:

$$T_в = \frac{480}{T} \text{ (в смену)}$$

или

$$T_в = \frac{60}{T} \text{ (в час)}$$

Из приведенных формул видно: чем меньше будет норма времени на операцию T, тем выше норма выработки, а следовательно, и выше производительность труда рабочего.

По данным Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС), на основании всестороннего изучения опыта работы как лучших шлифовщиков, так и рядовых рабочих было установлено, что на резание (основное время) расходуется от 30 до 75% всего рабочего времени. Остальное составляет: вспомогательное, подготовительно-заключительное и другое время.

Предположим, что шлифовщик на круглом шлифовальном станке при шлифовании детали затрачивает 10 мин., из которых 5 мин. составляет машинное время (работает станок) и 5 мин.— вспомогательное время (работает рабочий). Таким образом, шлифовщик изготовляет 6 шт. деталей в час. Допустим, что ему удалось уменьшить машинное время вдвое (за счет увеличения скорости резания, подачи). Тогда на изготовление детали ему потребуется 2,5 мин. машинного времени, а на все ручные приемы он попрежнему затратит 5 мин. Это даст возможность изготовить в час уже 8 деталей. При этом происходит любопытное явление: в первом случае в течение смены шлифовщик работал 240 мин. и его станок также работал 240 мин.; во втором случае в течение этого же времени шлифовщик работал 320 мин., а станок всего 160 мин. Следовательно, с увеличением скорости резания при обработке небольших деталей удельный объем ручного труда увеличивается, если одновременно

с повышением скорости не принимаются меры по уменьшению вспомогательного времени за счет автоматизации ручных приемов.

Если в том же примере уменьшить вспомогательное время вдвое, т. е. вместо 5 мин. затрачивать только 2,5 мин., а машинное время при этом будет оставаться 5 мин., то шлифовщик будет вырабатывать 8 шт. в час, причем станок будет работать 320 мин. в смену, а рабочий 160 мин. Отсюда видно, что в сокращении вспомогательного времени кроются большие возможности повышения производительности труда.

Технический прогресс в металлообработке направлен на сокращение времени, необходимого для изготовления детали и особенно на те приемы, которые наиболее длительны и многократно повторяются. Поэтому исключительное значение приобретает внедрение мероприятий, направленных на уменьшение основного (технологического) и вспомогательного времени. Одним из средств сокращения штучного времени служит сокращение вспомогательного времени. Так, например, шлифовщица завода имени Воскова (г. Ленинград) тов. Карпова экономит вспомогательное время за счет правильной организации рабочего места, повышая производительность труда. У нее на тумбочке всегда имеется подготовленная для шлифования заготовка и запасная пара хомутиков, что позволяет во время шлифования одного сверла подготовить к обработке следующее (совмещение ручных приемов с машинным временем). Шлифование происходит в 2—5 проходов, с использованием обратного хода стола. За это время она успевает измерить скобой обрабатываемую деталь, подготовить следующую и проверить готовое сверло. Таким образом, тов. Карпова успевает за время работы станка произвести ряд приемов, входящих в норму вспомогательного времени, не затрачивая их на самом деле.

Можно привести другой пример. Шлифовщик Московского инструментального завода тов. Макаров в своей книге «Скоростные методы шлифования металлов» пишет: «Чем лучше будет продумана организация работы, тем меньше уйдет времени на вспомогательные приемы. Ко мне, например, поступают на шлифовку многие десятки деталей. Перед тем, как начать работу, я осматриваю эти детали и по-своему комплектую. Поясню, как и для чего это делается. Как бы тщательно ни заготовлялись детали в механических цехах, откуда они поступают к шлифовщикам, многие из них имеют различные припуски на шлифовку. Разница в припусках составляет десятые доли миллиметра. Все же шлифовку вести гораздо удобнее, когда заготовки сгруппированы по размерам припусков. Поэтому перед началом работы я замеряю детали и соответственно их распределяю. Времени на это уходит совсем немного, зато удобства подобной сортировки совершенно очевидны: в собранных по этому принципу комплектах разница в припусках составляет уже сотые доли миллиметра, я могу, пользуясь одной наладкой станка, обработать весь комплект».

Эти примеры показывают отношение передовиков машиностроения к вопросам сокращения вспомогательного времени.

§ 5. ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ШЛИФОВЩИКОВ

Шлифовщики-новаторы внесли большой вклад в технологию шлифования. Применяя более производительные методы обработки, они добиваются высокой производительности труда.

Всестороннее повышение производительности труда получило название комплексного метода, сущность которого состоит в том, что в результате осуществления мероприятий по сокращению основного (машинного), вспомогательного и подготовительно-заключительного времени происходит общее сокращение времени обработки. В результате совершенствования организации труда и рабочего места, улучшения техники измерения, внедрения различных приспособлений новых технологических процессов ускоряется общая обработка деталей.

Передовые методы работы, с помощью которых шлифовщики-новаторы добиваются систематического роста производительности своего труда, можно классифицировать по следующим направлениям:

1. Сокращение машинного времени, которое достигается:

а) применением скоростного шлифования;

б) заменой метода шлифования многократными проходами — методом врезания или уменьшения числа проходов за счет применения глубинного метода шлифования;

в) разделение шлифования на две операции — предварительную и чистовую, благодаря чему предварительное шлифование производится более крупнозернистыми кругами;

г) одновременным шлифованием несколькими кругами.

2. Сокращение вспомогательного времени, которого удается добиться:

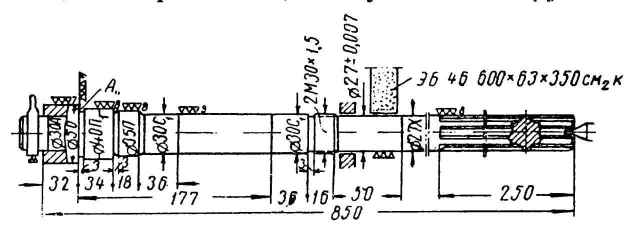
а) применением приспособлений, позволяющих производить измерение шлифуемых деталей в процессе шлифования;

б) применением быстрозажимных и разжимных приспособлений для установки и съема деталей;

в) установкой тормозных устройств для быстрой остановки вращающихся деталей и т. д.

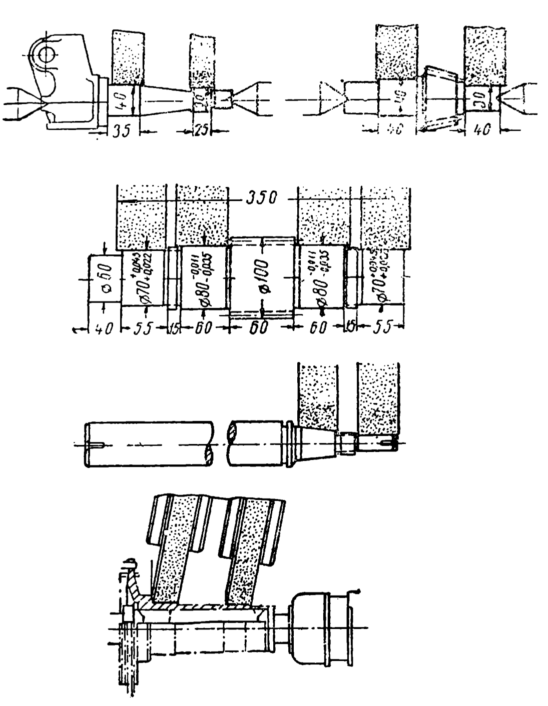
3. Совершенствование технологии, которое проявляется в способах изготовления деталей. Приведем несколько примеров. Шлифовщик-новатор т. Орлов (завод им. Орджоникидзе) раньше на обработку шпинделя (фиг. 254) затрачивал 31,4 мин. Перейдя на скоростное шлифование, он стал его шлифовать за 12,2 мин., повысив производительность труда в 2,57 раза. Окружная скорость шлифовального круга была повышена с 25 *м/сек* до 50 *м/сек,* а окружная скорость детали соответственно с 21,7 *м/мин* до 47,8 *м/мин.* Продольная подача с 3,8 *м/мин* до 8,7 *м/мин.* Переход на скоростное шлифование сократил удельный расход шлифовальных кругов и повысил качество шлифуемых деталей. Чистота шлифуемой поверхности была повышена с 8 класса до 9, а удельный расход шлифовального круга на единицу шлифуемой поверхности сократился в 3 раза.

Шлифовщик-новатор т. Блохин (завод им. Орджоникидзе) при шлифовании длинных стальных валов (сталь 45, незакаленная) с припуском под шлифование 1,2 *мм* увеличил окружные скорости



Фиг. 254. Шлифование шпинделя.

круга и детали соответственно до 44,7 *м/сек* и 42 *м/мин,* увеличил глубину резания (поперечную подачу) до 0,15 *мм* при продольной подаче стола 2,6 *м/мин.*



Фиг. 255. Примеры одновременного шлифования несколькими кругами.

Кроме того, он перераспределил припуски на черновое и чистовое шлифование. Так, на чистовое шлифование вместо обычных 20—40% общего припуска тов. Блохин оставляет только 2,5—4% или 0,035—0,040 *мм.* Черновое шлифование он производит с поперечной подачей от 0,10 до 0,15 *мм* на ход стола. После чернового шлифования круг правится. Чистовое шлифование производится при небольшой глубине за несколько продольных проходов, которые обеспечивают заданные размеры и чистоту поверхности. При старом методе шлифования с обычными скоростями круга и детали с поперечной подачей до 0,06 *мм* круг за время шлифования одного вала приходилось заправлять три раза. Перейдя на скоростные методы шлифования, т. Блохин повысил производительность труда в 3,3 раза.

Внедрение скоростного шлифования приводит к повышению стойкости шлифовального круга, к улучшению чистоты поверхности. Повышение режимов шлифования дает возможность уве-

личить выпуск продукции на имеющемся парке шлифовальных станков. Машинное время можно резко снизить за счет одновременного шлифования несколькими кругами. Примеры обработки различных деталей одновременно несколькими кругами показаны на фиг. 255.

§ 6. КВАЛИФИКАЦИЯ И ТАРИФИКАЦИЯ РАБОЧЕГО

Знания и навыки рабочих, т. е. их квалификация, бывают различны. Некоторые в совершенстве владеют своим мастерством, другие же только начинают его осваивать. У нас в Советском Союзе квалификация рабочих определяется тарифными разрядами. В машиностроительной промышленности действует восьмиразрядная тарифная сетка, в которой восьмой разряд соответствует наивысшей квалификации. Тарифная ставка определяет абсолютный размер оплаты труда рабочего данного разряда в единицу рабочего времени (обычно за 1 час). Тарифный коэффициент показывает во сколько раз тарифная ставка рабочего данного разряда превышает тарифную ставку рабочего 1 разряда.

Тарифная ставка часовой оплаты любого разряда определяется ставкой 1 разряда, умноженной на соответствующий тарифный коэффициент, присвоенный данному разряду. Для каждого завода в зависимости от его значения в народном хозяйстве, от его месторасположения, от сложности технологии и других условий устанавливаются тарифные ставки 1 разряда для сдельщиков и повременщиков, по которым определяются ставки для рабочих всех разрядов.

Оплата труда. Оплата труда рабочего бывает повременная, сдельная и прогрессивная.

При повременной оплате рабочий получает не за выполненную им работу, а за проработанное время. Эта система оплаты труда несовершенна, так как создает уравниловку в заработной плате и не стимулирует производительности труда.

При сдельной оплате рабочий получает за количество изготовленных им деталей. Сдельная оплата — наиболее распространенная в СССР форма оплаты труда на производстве. Сдельная расценка на данную работу определяется нормой времени и разрядом работы.

При прогрессивной оплате труда рабочему устанавливается норма. Если он вырабатывает только одну норму, то за изготовленные им детали он получает по установленной сдельной расценке. Но при переработке нормы сдельная расценка прогрессивно увеличивается в соответствии с переработкой по определенной шкале. Так, например, при переработке норм от 1 до 10% переработка оплачивается по расценке, увеличенной в 1,3 раза; при переработке норм от 11 до 25% расценка за переработку увеличивается в 1,5 раза и т. д. При этом ни в коем случае не должно быть снижено качество продукции.

§ 7. СЕБЕСТОИМОСТЬ И ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ РАСЧЕТ

Для изготовления любой детали, машины или группы машин необходимо время. Чем меньше времени требуется обществу на изготовление одних продуктов, тем большим временем оно распола-

гает для другого производства. Поэтому борьба за экономию рабочего времени обеспечивает непрерывный рост производства в социалистическом обществе. Сбережение общественно необходимого времени достигается строгим соблюдением режима экономии. Режим экономии есть метод социалистического хозяйствования, направленный на достижение наилучших результатов с наименьшими затратами.

Доходным или рентабельным предприятием у нас считается такое, которое на средства, полученные от реализации своей продукции, возмещает себестоимость и получает определенный доход (прибыль).

Рассмотрим, из чего складывается себестоимость машины. Каждая машина состоит из большого или малого числа деталей. Эти детали изготовляются пооперационно на различных рабочих местах. Таким образом, себестоимость машины складывается из себестоимости этих отдельных деталей и операций. Дополнительно в себестоимость входит и стоимость заготовок (основного материала).

Каким же образом можно определить, например, себестоимость детали при выполнении шлифовальной операции.

Предположим, что заготовка стоит 3 рубля, а заработная плата, выплаченная на других, предыдущих рабочих местах (зарплата производственным рабочим), составляет 5 рублей. Расценок на шлифование данной детали установлен в 2 рубля. Следовательно, стоимость заготовки (основного материала) и производственной заработной платы составит 10 рублей. Это прямые расходы производства. Однако для обработки этой детали необходим шлифовальный станок, электродвигатель которого расходует энергию, шлифовальный круг, который изнашивается. На охлаждение детали и смазку станка расходуются эмульсия и машинное масло, а на его обтирку — обтирочные материалы. Шорник, электрик и ремонтный слесарь также косвенно участвуют в изготовлении этой детали, обслуживая рабочее место шлифовщика. Так как во время работы станок постепенно изнашивается, то в эту группу расходов также включается стоимость амортизации, т. е. постепенного погашения стоимости производственного оборудования, дорогостоящих приспособлений и инструментов, служащих более года. Все эти расходы называются накладными или косвенными расходами, связанными с работой оборудования.

Есть еще и такие косвенные расходы, которые связаны не только с работой станка, но и со всей работой цеха в целом. К ним относится заработная плата начальника цеха, начальников участков, старших и сменных мастеров и других инженерно-технических работников, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала.

К косвенным расходам относятся также расходы по освещению, отоплению, водоснабжению и содержанию цеха и другие расходы, расходы на различные материалы, которые необходимы для нормальной работы, хотя и не входят в состав изготовляемой продукции. Сложнее учесть затраты, связанные с работой оборудования и

другие косвенные расходы, приходящиеся на изготовление каждой детали. Все расходы такого рода в отличие от прямых называют цеховыми косвенными или цеховыми накладными расходами. Они каждый месяц суммируются бухгалтерией и затем распределяются так, чтобы в себестоимость каждой детали вошла определенная часть общей суммы цеховых косвенных (накладных) расходов.

В машиностроении распределение цеховых расходов производится пропорционально затраченной производственной заработной плате. Пусть в нашем примере расходы, связанные с работой оборудования, составляют 40 000 руб. в месяц, цеховые расходы — 120 000 руб. в месяц, а на производственную заработную плату расходуется 100 000 руб. в месяц. Поэтому на 1 руб. производственной заработной платы приходится (40000 + 120000) 100000 = = 1 руб. 60 коп. цеховых расходов. Другими словами, цеховые расходы составляют 160% от производственной заработной платы.

В нашем примере за шлифование детали уплачивается 2 рубля. Следовательно, цеховые косвенные расходы на эту операцию составляют 3 руб. 20 коп.

Подсчитаем полную цеховую себестоимость детали. Она будет складываться из стоимости заготовки, заработной платы шлифовщику и другим производственным рабочим и из цеховых косвенных расходов и будет равна: 3 руб. + 5 руб. + 8 руб. + 2 руб. + + 3 руб. 20 коп. = 21 руб. 20 коп.

К цеховой себестоимости необходимо начислить общезаводские расходы. В общезаводские расходы входят заработная плата работников заводоуправления, расходы по содержанию зданий и сооружений общезаводского назначения, расходы по содержанию общезаводской лаборатории, внутризаводского транспорта и т. д. Эти расходы распределяются по цехам пропорционально производственной заработной плате. Пусть для нашего примера общезаводские расходы составляют 150 000 руб. в месяц, а производственная заработная плата, выплачиваемая основным цехам, составляет 200 000 руб.; следовательно, на 1 руб. заработной платы приходится 75 коп. общезаводских расходов. Иначе говоря, общезаводские расходы составляют 75% от производственной заработной платы. Тогда полная себестоимость детали будет равна 21 руб. 20 коп. + + (7 руб. × 0,75) = 26 руб. 45 коп.

Таким образом, полная себестоимость детали и, следовательно, машины складывается из суммы: стоимости основных материалов, производственной заработной платы, цеховых и общезаводских расходов.

Знакомство с элементами, из которых складывается себестоимость, позволяет сделать вывод о том, что каждый рабочий на своем рабочем месте может непосредственно влиять на снижение себестоимости детали путем экономии расхода основных материалов, повышения производительности и сокращения косвенных, зависящих от него расходов (экономия электроэнергии, смазочных и обтирочных материалов, бережное отношение к инструменту и т. д.). Десятки и сотни тысяч новаторов разных специальностей принимают

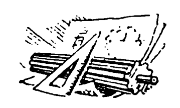
конкретные обязательства по экономии сырья, материалов и электроэнергии, давая государству дополнительные средства на дальнейшее развертывание строительства.

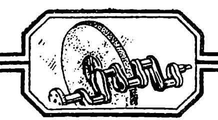
Повседневная творческая работа новаторов-шлифовщиков убеждает в том, что каждый шлифовщик на своем рабочем месте может найти дополнительные резервы снижения цеховых расходов и экономии материалов и тем самым увеличить накопления социалистической промышленности. Труженики промышленности непосредственно на своих производственных участках и рабочих местах практически ежедневно, ежечасно решают задачу экономного расходования материалов, энергии, топлива, инструмента, снижения трудоемкости и себестоимости продукции.

Одной из передовых форм борьбы за экономию в производстве, введенной по инициативе рабочих, следует считать открытие индивидуальных и бригадных счетов экономии. На этих счетах ведется учет обязательств и их выполнения. Такие счета на передовых предприятиях страны дали огромный эффект; они явились практическим средством для широкого развертывания индивидуального хозрасчета, как нового метода социалистического соревнования масс за улучшение экономических показателей производства. Индивидуальный хозяйственный расчет дает возможность каждому рабочему активно участвовать в борьбе за снижение себестоимости.

Опыт Московского автозавода и других передовых предприятий страны показывает, что индивидуальный хозяйственный расчет способствует дальнейшему росту производительности труда, улучшению качества продукции, экономии материалов, электроэнергии, инструмента, улучшению эксплуатации оборудования и сокращению аварий и тем самым уменьшению затрат на ремонт, а также уменьшению потерь от вынужденных простоев оборудования.

Содержанием индивидуального хозяйственного расчета являются конкретные экономические показатели по каждому рабочему месту. Результаты работы рабочих, перешедших на хозрасчет, отражаются в лицевых счетах. По этим счетам производится подсчет экономии, полученной каждым рабочим. Таким образом, можно установить участие рабочего в снижении себестоимости продукции. В лицевые счета включаются только те затраты, которые непосредственно зависят от рабочего.





ГЛАВА XX

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

§ 1. ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Существует три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. В зависимости от типа производства изменяется и технологический процесс.

Под **единичным** производством понимают такое, при котором каждое изделие изготовляется единицами, причем повторяемость этих изделий бывает или очень редкая, или совсем отсутствует.

При единичном производстве завод должен иметь универсальное оборудование, чтобы иметь возможность изготовлять разнообразные изделия. При этом типе производства на одном станке выполняется обработка разнообразных деталей, причем даже не одна операция, а несколько. Ввиду большого разнообразия обрабатываемых деталей применять специальный инструмент здесь почти не представляется возможным. Резцы, фрезы, развертки применяются, главным образом, стандартные. Также мало применяются и специальные приспособления, так как значительные затраты на их изготовление экономически не оправдываются. Приходится пользоваться и универсальными приспособлениями, т. е. такими, которые можно применять при обработке различных деталей (планшайб, угольников, подставок, люнетов, патронов, оправок для нормальных диаметров и т. д.). Измерительный инструмент применяется также универсального характера, а именно: штангенциркули, нутромеры, микрометры, штихмасы.

Разнообразие изготовляемых деталей при единичном производстве требует высокой квалификации рабочих и инженерно-технического персонала. Изделия получаются дорогими вследствие низкой производительности труда по сравнению с другими типами производства.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий партиями или сериями. В зависимости от количества и трудоемкости изделий в серии различают производство мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Технологический процесс и метод обработки при этом типе производства должны быть тщательно и детально разработаны с разделением всей обработки на отдельные операции и закрепле-

нием их за определенными станками. Здесь уже на каждом станке выполняется ограниченное количество операций. Должны применяться специальные приспособления, предназначенные для выполнения отдельных операций обработки, специальный режущий инструмент, облегчающий и ускоряющий выполнение операции и, наконец, специальный измерительный инструмент — приборы, шаблоны и калибры.

Стоимость продукции при серийном производстве значительно ниже, чем при единичном, вследствие лучшего использования оборудования, большей производительности как самого оборудования, так и невысокой квалификации рабочего персонала.

Массовым производством называется такое производство, при котором обрабатывается большое количество одинаковых деталей и повторяющиеся операции производятся на одних и тех же рабочих местах. При массовом производстве технологический процесс и методы обработки и сборки должны быть точно рассчитаны и установлены, а весь процесс обработки разбит на простейшие (элементарные) операции.

Каждая простая операция производится на одном определенном станке и рабочем месте. Станки применяются, главным образом, узкоспециализированные и приспосабливаются для выполнения определенной операции на однородных деталях.

Приспособления и режущий инструмент также служат для выполнения только определенной операции. Часто такое специальное приспособление является неотъемлемой частью станка и без него станок не может производить никакой работы.

В качестве измерительного инструмента при массовом производстве применяются специальные, часто автоматизированные, измерительные приборы, предельные калибры и шаблоны.

Массовое производство, как правило, сопровождается поточностью его ведения. Поточное производство характеризуется закреплением операций за определенными рабочими местами, расположением рабочих мест в порядке последовательности операций, ритмичностью операций в поточных линиях по времени. Поточная форма производства является обычной формой для массового производства, где на каждом рабочем месте выполняется всегда одна и та же операция. Поэтому во многих случаях массовое производство является и поточным производством.

При поточно-массовой форме производства весь технологический процесс изготовления машины представляется в виде ряда поточных линий, обрабатывающих отдельные детали, которые затем постепенно вливаются в линию сборки отдельных узлов машины. Отдельные узлы в свою очередь попадают в линию общей сборки машины на главном сборочном конвейере, с которого сходят готовые машины в соответствии с темпом их выпуска.

Поточная форма производства является наиболее совершенной, высшей формой технологического процесса изготовления деталей. Поточное производство характеризуется следующими преимуществами:

1. Ритмичностью работы на всех рабочих местах. Это значительно упрощает организацию и планирование производства, устраняя необходимость вести постоянный контроль и регулирование процессов, как-то: запуск деталей в изготовление, комплектование изготовляемых деталей и отправка их на склад готовых изделий перед сборкой.

2. Поточностью движения полуфабрикатов. Поточность упрощает наблюдение за работой всех рабочих мест, позволяет быстро обнаружить запаздывание в работе отдельных рабочих мест и появление брака. Другими словами, повышается ответственность отдельных участков производства за выдерживание темпов производства и качество своей работы.

3. Отсутствием необходимости иметь межоперационные кладовые и кладовые готовых деталей, так как детали идут последовательно с операции на операцию и затем на сборку, что сокращает время прохождения деталей в пути по цеху.

4. Применением широко специализированного и высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего снижение трудоемкости и себестоимости изделия.

5. Использованием малоквалифицированных кадров рабочих и быстрое их обучение благодаря широкому применению автоматизации оборудования, механизации средств контроля и т. п.

6. Широким применением многостаночного обслуживания.

Виды поточных линий могут быть различными, вплоть до полностью автоматизированных линий, называемых автоматическими линиями. На автоматических поточных линиях рабочий загружает в бункер, находящийся в начале линии, заготовку, которая затем, проходя автоматически через все станки линии, выходит готовой деталью в приемный бункер или другое устройство.

Такие автоматические линии работают на ряде наших заводов.

Исключительно велика роль новаторов в деле рационализации (улучшения) технологических процессов и резкого повышения производительности труда. Новаторы улучшают технологические процессы, во многих случаях коренным образом изменяют их, применяют специальный инструмент и всевозможные приспособления или комбинированный инструмент, объединяют несколько переходов в один, вводят скоростные и сверхскоростные режимы резания.

Новаторы очень часто коренным образом изменяют конструкцию инструмента и приспособлений, делая их более производительными, переходят на обработку деталей несколькими инструментами одновременно, на многостаночное обслуживание. Они добиваются своевременного и бесперебойного обслуживания рабочего места всем необходимым для работы: чертежами, рабочей документацией, заготовками, вспомогательными инструментами, тщательно подготовляются к выполнению заданной работы, уплотняя при этом свой рабочий день так, чтобы он целиком был заполнен производственной работой.

При составлении технологического процесса необходимо добиваться, чтобы обработка велась при наиболее полном использовании

всех технических возможностей станка, инструмента и приспособлений и наивыгоднейших режимов резания, допустимых станком. Использование станка должно быть наиболее полным по времени, производительности и мощности. Для лучшего использования станка необходимо стремиться, чтобы станок работал по возможности непрерывно, без остановок для вспомогательных работ.

Наиболее важно использование полной мощности станка, для чего необходимо выбирать его размеры в соответствии с размерами обрабатываемой детали и работать при таких режимах резания, чтобы необходимая для работы мощность приближалась к мощности установленного на станке электродвигателя. Особенно следует этого добиваться при обдирочных работах. При чистовой, отделочной обработке это требование не всегда удается выполнить, так как выбор режимов находится в зависимости от заданной степени точности и чистоты обработки.

Основные элементы резания — скорость, подача и глубина резания — должны быть наивыгоднейшими, т. е. такими, при которых достигается:

а) наиболее полное использование мощности станка путем подбора наибольшей допустимой подачи при заданной глубине резания;

б) наиболее экономичное использование инструмента при наибольшей скорости резания, большем сечении стружки и наименьшей затрате времени на обработку.

§ 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В производстве встречаются два различных принципа разработки технологического процесса. Первый принцип характеризуется расчленением технологического процесса на ряд отдельных простейших операций, в которых иногда каждый переход выполняется за отдельную установку. Второй принцип характеризуется укрупнением операции, таким образом, чтобы в ней было сосредоточено большое число переходов.

При расчленении операции на ряд простейших наладка станка производится только один раз для первой детали партии. Это дает возможность использовать автоматику станка (например, упоры), развивать ритмичность рабочих движений, связанных с отводом и подводом режущего инструмента, установкой и снятием обработанных деталей. Все это приводит к значительному увеличению числа установок, поэтому должны широко применяться быстродействующие приспособления, которые способны быстро и точно устанавливать заготовку для каждой операции. При укрупнении операций, наоборот, уменьшается общее число установок, чем обеспечивается большая точность геометрической формы и взаимного расположения поверхностей обрабатываемых деталей.

При укрупнении операций, хотя станки должны быть и более сложными, однако, количество станков уменьшается, чем сокращается потребная производственная площадь в цехе. Типичными представителями этих станков являются автоматы и полуавтоматы.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИСЦИПЛИНА

Технологический процесс изготовления любой детали, оформленный в виде технологической карты, должен строго соблюдаться. Это основной закон производства.

Соблюдением установленной технологической дисциплины предусматривается применение наиболее рациональных способов обработки деталей и режимов резания. Технологические процессы после их разработки обсуждаются мастерами, технологами и передовыми рабочими. После этого они утверждаются и доводятся до рабочего места. Нарушение технологической дисциплины недопустимо. Однако производство никогда не стоит на одном уровне, оно непрерывно совершенствуется и улучшается. Поэтому как бы хорошо ни были разработаны технологические процессы, они нуждаются в непрерывном совершенствовании на основе достижений науки, техники и практики новаторов. Шлифовщики-новаторы в своей повседневной работе проявляют большую изобретательность, направленную на рационализацию технологических процессов.

В социалистическом производстве рационализация технологических процессов является основным источником совершенствования производства, снижения себестоимости продукции и улучшения качества продукции.

Изменение технологических процессов с целью их улучшения производится технологическим отделом завода или бюро цеха. Неорганизованное изменение, произведенное без ведома этих органов, вместо пользы может нанести ущерб предприятию. Изменение в утвержденной технологической документации разрешается производить технологам в плановом порядке и по рационализаторским предложениям, после проведения исследовательских и экспериментальных работ. В целях широкого привлечения рабочих завода в работу по усовершенствованию действующего технологического процесса на заводах существуют отделы рабочего изобретательства (БРИЗ), которые и ведут работу с рационализаторами. За каждое внедренное рационализаторское предложение автору его выплачивается денежная премия, размер ее определяется в зависимости от полученной экономии.

§ 4. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ

Одним из главных вопросов при создании технологического процесса является вопрос о правильном назначении общих и операционных припусков.

Общий припуск. Общим припуском на обработку детали называется величина того слоя металла, который следует удалить с поверхности, чтобы придать ей форму поверхности готовой детали. Поскольку чаще всего, прежде чем попасть на шлифовальный станок, деталь обрабатывается на других станках, общий припуск на ее обработку необходимо распределить между всеми операциями.

Припуск на операцию. Припуском на операцию (или переход) называется слой металла, который следует удалить на данной опе-

рации. Размер припуска чаще указывается «на сторону». Иногда при обработке круглых деталей припуск указывается «на диаметр». Припуск «на сторону» или «на диаметр» всегда оговаривается в эскизе обработки или технологической карте.

Заготовка, из которой изготовляется деталь, может быть получена путем отливки, ковки, горячей и холодной штамповки, прессованием и т. д. или же предварительной ее механической обработкой на станках. Применение заготовок с излишне большими припусками вызывает дополнительные операции и переходы. Этим удлиняется время обработки детали, увеличивается ее стоимость и часть металла напрасно переводится в стружку с излишним расходом энергии и инструмента. Наоборот, крайне малые припуски могут быть причиной большого количества брака обрабатываемых деталей, так как при этом могут остаться на обрабатываемой поверхности необработанные места (черновины).

Кроме того, изготовление заготовок с малыми для последующей обработки припусками требует применения совершенного и дорогого оборудования в заготовительных цехах. Однако это может оказаться вполне экономичным при достаточно большой партии изготовляемых деталей.

Межоперационные припуски. Припуск на любую операцию зависит от степени точности предшествующей обработки. При назначении операционного припуска следует учитывать характер операции, для которой он предназначается. При токарной обточке снимаемые слои металла измеряются миллиметрами, при шлифовании — десятыми долями миллиметра, а при притирке — сотыми и даже тысячными долями миллиметра. Поэтому снятие больших припусков в несколько проходов стоит очень дорого, а снятие малых припусков грубыми операциями невозможно. Говоря об операционном припуске, следует указывать на ту операцию, для которой он предназначается, кроме того, надо указывать ту операцию, с которой получена деталь; например: «припуск на шлифование после чистовой обточки».

Припуск под шлифование. Припуском на шлифование называется разница между размерами детали (или ее поверхностей), поступающей на данную операцию, и ее размерами после выполнения операции.

Припуск на шлифование должен, как правило, иметь такие размеры, чтобы его удаление происходило без излишних затрат рабочего времени, однако, его величина должна быть достаточной, чтобы получились заданные размеры детали. Такой припуск называется нормальным. Повышенные припуски вызывают излишние затраты на шлифование и увеличивают себестоимость операции.

Практика работы шлифовщиков-новаторов показывает, что даже в условиях мелкосерийного производства при партии в 3—5 деталей следует шлифование производить в две операции: предварительную и чистовую. Предварительное шлифование производится крупнозернистыми (46) кругами, а чистовое шлифование — более мелкозернистыми (60 и 80). Величину припуска на чистовое шлифо-

вание, исходя из практики станкостроительных заводов, можно выбрать по табл. 30.

Таблица 30

Припуски на чистовое шлифование (на сторону)

Класс чистоты поверхности	Диаметр обрабатываемых деталей в *мм*			
	до 30	от 30 до 50	от 50 до 120	от 120 до 150
∇∇∇7	0,06	0,08	0,10	0,12
∇∇∇8	0,06	0,06	0,08	0,10
∇∇∇9	0,05	0,05	0,06	0,8
∇∇∇∇10÷12	0,03	0,03	0,04	0,5

Эта таблица показывает, что с уменьшением диаметра шлифуемой детали величина припуска уменьшается.

В табл. 31 приведены припуски, применяемые при цилиндрическом шлифовании в центрах после чистовой обточки. Правильный выбор припусков при цилиндрическом шлифовании определяется в зависимости от стоимости токарной и шлифовальной операции. При уменьшении припусков требования к токарной операции повышаются.

При пользовании мощными шлифовальными станками выгоднее работать с бóльшими припусками, чем это указывается в таблицах, минуя чистовую обточку. В этом случае валы шлифуются прямо после обдирочного прохода при большой глубине шлифования и крупной подаче. Наоборот, при пользовании маломощными шлифовальными станками, работающими узкими кругами малого диаметра, необходимо вначале начисто обточить вал и шлифовальным кругом произвести доводку размера. В этих случаях можно брать припуски менее табличных.

§ 5. КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При составлении технологической карты технологический процесс детали разбивают на операции и переходы. Одновременно выбирается станок, на котором операция будет выполняться, указывается его характеристика и наименование, тип, марка и основные размеры; для круглошлифовальных станков указывается также высота центров и расстояние между центрами.

После определения типа и размера станка выбирают приспособления, необходимые для данной операции. Если требуется нормальное приспособление, являющееся принадлежностью станка (тиски, люнет и т. д.), то в карте указывается его наименование. Если требуется специальное приспособление, то в карте отмечается «специальное приспособление» и его номер. Технолог дает схему приспособлений, исходя из условий и требований обработки, а конструк-

Таблица 31

Нормальные припуски на шлифование валов

Круглое шлифование			Бесцентровое шлифование		Диаметр вала в *мм*									
сырой вал		закаленный вал												
гладкий	ступенчатый		сырой вал	закаленный вал	до 10	от 10 до 18	от 18 до 30	от 30 до 50	от 50 до 80	от 80 до 120	от 120 до 180	от 180 до 260	от 260 до 360	от 360 до 500
Длина вала в *мм*					Припуск на диаметр в *мм*									
До 800	До 400	До 200	До 150	До 100	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	—	—	—
От 800 до 1200	От 400 до 800	От 200 до 500	От 150 до 300	От 100 до 200	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	—	—
От 1200 до 2000	От 800 до 1500	Свыше 500	Свыше 300	Свыше 200	—	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	—
Свыше 2000	Свыше 1500	—	—	—	—	—	0,8	1,0	1,2	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0
Допуск по 4 классу точности				—	−0,1	−0,12	−0,14	−0,17	−0,2	−0,23	−0,26	−0,3	−0,34	−0,3

тор выполняет чертеж, по которому изготовляется приспособление.

При выборе станка и приспособления одновременно указывается, какой режущий и измерительный инструмент необходим для выполнения данной операции. Для режущего инструмента — шлифовального круга — следует указать его характеристику (размеры, твердость, зернистость, связку, материал).

В графе применяемого измерительного инструмента указывается, какого вида инструмент используется для обмера детали. Для каждого перехода, входящего в состав операции, выполняемой на данном станке, указывается размер обрабатываемой поверхности — диаметр и длина или ширина и длина; по этим размерам подсчитывается время, необходимое для выполнения обрабатываемой детали при данном переходе.

При разработке технологического процесса изготовления какого-либо изделия на каждую деталь, входящую в это изделие, составляется отдельная технологическая карта механической обработки и отдельная технологическая карта слесарной обработки и сборки изделия.

В карте механической обработки должны быть указаны все сведения, относящиеся к детали, и указаны параметры, входящие в технологический процесс.

Для более ясного и точного представления технологический процесс сопровождается графическим изображением (эскизами) переходов обработки с изображением способа крепления и положения детали в станке и приспособлении, а также положения инструмента относительно обрабатываемой поверхности; места обработки на эскизе отмечаются жирными или красными линиями или же номерами позиций.

Карты имеют определенную форму с соответствующей разбивкой на графы.

В тех графах, где должны быть помещены данные об обрабатываемой детали, указывается: а) наименование изделия; б) наименование детали; в) номер детали; г) номер чертежа; д) номер модели, если деталь литая; е) наименование материала, из которого изготовляется деталь, и его марка; ж) род заготовки (отливки, поковка, прокат) и размер заготовки; з) вес черный (вес заготовки) и вес чистый (вес готовой детали); и) количество деталей на одно изделие; к) количество деталей в партии.

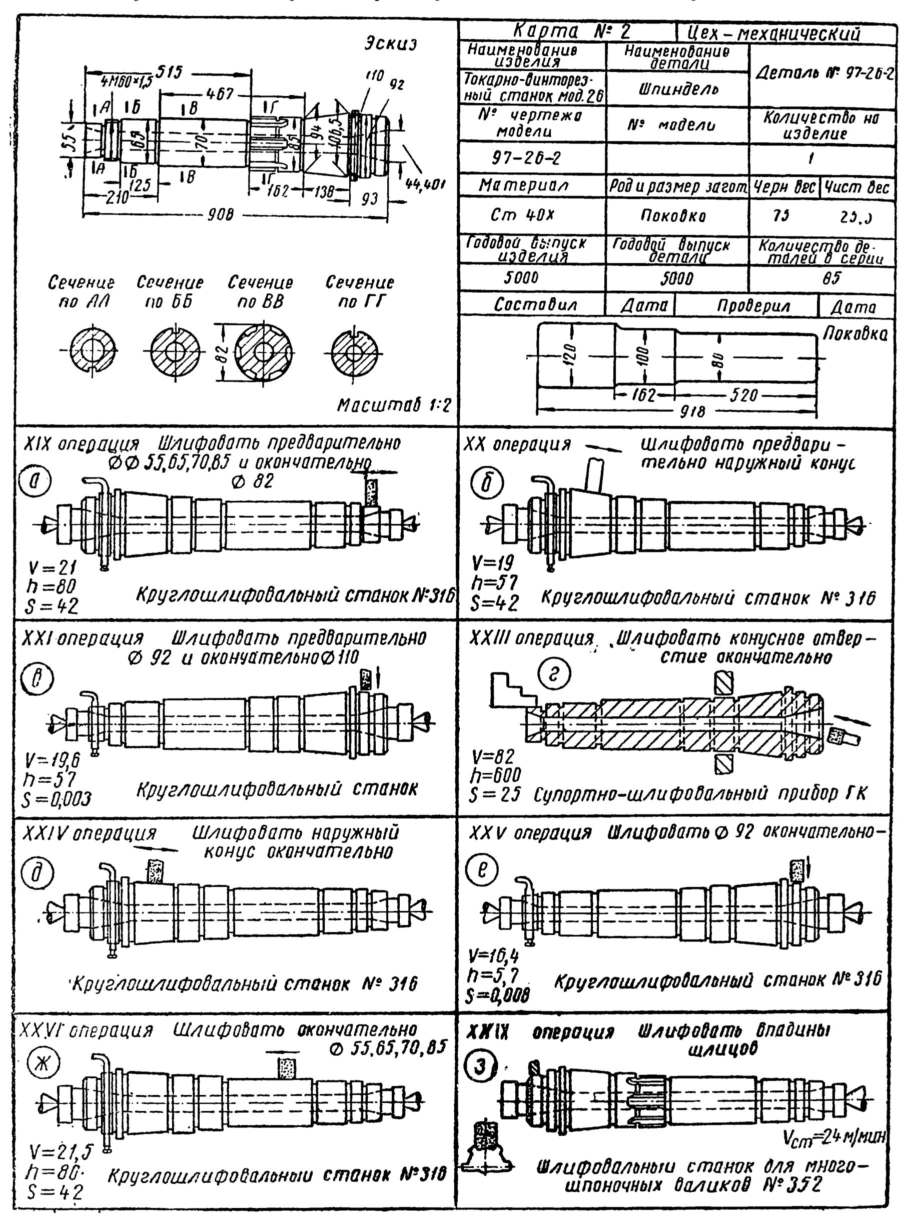
В табл. 32 показаны последовательные шлифовальные операции при изготовлении шпинделя токарно-винторезного станка.

В таблице, помимо общих сведений о детали, указан эскиз поковки с размерами, из которой должен быть изготовлен шпиндель, а также эскиз шпинделя в окончательном виде, в каком он идет на сборку станка. Римскими цифрами обозначены порядковые номера операций, начиная с первой — центровки и заканчивая двадцать восьмой — шлифованием впадин шлицев. Буквами «а», «б», «в» обозначены порядковые шлифовальные операции.

Прежде чем попасть на шлифовальный станок, деталь должна пройти длинный и сложный путь. Поэтому шлифовщик выполняет

Таблица 32

Шлифовальные операции при обработке шпинделя токарного станка



весьма ответственные операции, и брак, допущенный шлифовщиком, сведет к нулю все работы, которые были сделаны на предыдущих операциях.

Ниже рассматривают шлифовальные операции, которыми заканчивается изготовление шпинделя; 18 операций было выполнено на других станках.

XIX операция, или первая шлифовальная (*а*). При этом у детали шлифуются наружные поверхности: предварительно — диаметры 55, 65, 70 и 85 и окончательно — диаметр 85. Работа производится на круглошлифовальном станке типа 316 в центрах на тех пробках, которые были установлены в деталь на IX операции.

XX операция, или вторая шлифовальная (*б*). Предварительно шлифуется наружный конус переднего подшипника в центрах путем поворота шлифовального круга. Работа протекает на том же станке.

XXI операция, или третья шлифовальная (*в*). Предварительно шлифуется диаметр 92 и окончательно — диаметр 110 на том же станке в центрах.

XXII операция: расточить окончательно конус в переднем конце шпинделя. Производится на токарно-винторезном станке.

XXIII операция, или четвертая шлифовальная (*г*). Шлифование конуса окончательно производится на супортно-шлифовальном приборе ГК с закреплением заднего конца в патроне, а переднего в люнете на токарно-винторезном станке.

XXIV операция, или пятая шлифовальная (*д*). Шлифование конуса переднего подшипника окончательно производится на круглошлифовальном станке типа 316.

XXV операция, или шестая шлифовальная (*е*). Шлифуется диаметр 92 окончательно. Работа протекает на том же станке.

XXVI операция, или седьмая шлифовальная (*ж*). Окончательно шлифуются наружные диаметры 55, 65, 70, 85. Работа ведется на круглошлифовальном станке 316.

XXVII операция. Производится фрезерование резьбы на переднем конце шпинделя на резьбофрезерном станке.

XXVIII операция. Осуществляется фрезерование резьбы на заднем конце шпинделя на том же станке.

XXIX операция, или восьмая шлифовальная (*з*). Шлифуются впадины шлицев. Шлифование ведется фасонным шлифовальным кругом на шлифовальном станке для многошпоночных валиков.

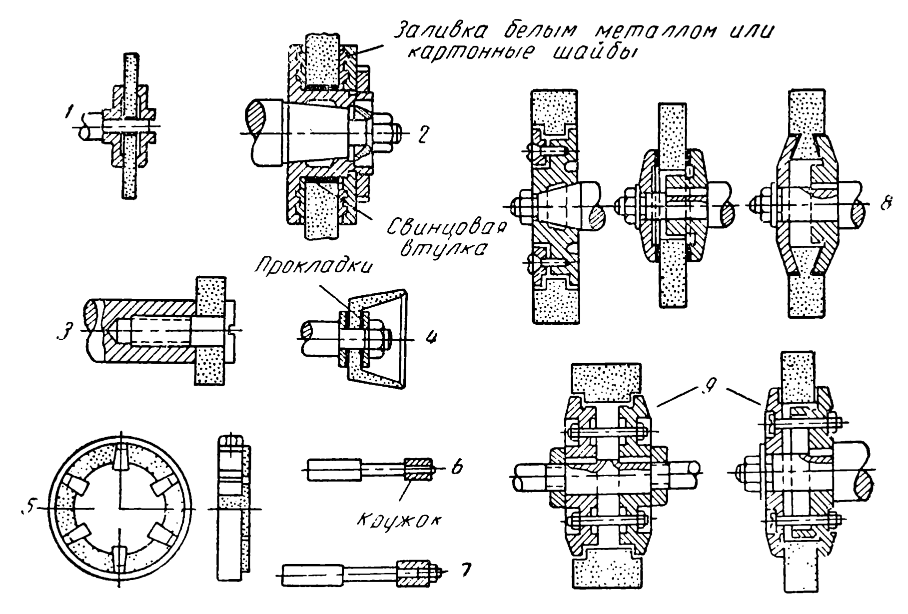
§ 6. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ

Обращение с кругами. Неправильная эксплуатация и обращение с кругами могут привести к разрыву их даже при небольших окружных скоростях. Для хранения кругов на складе необходимо иметь специальные стеллажи.

На рабочем месте шлифовальные круги необходимо хранить отдельно от металлических предметов, так как круги очень чувствительны к ударам. Под действием даже небольшого удара или толчка

в них появляются трещины, которые трудно заметить невооруженным глазом, но которые могут быть причиной разрыва круга. Поэтому прежде чем устанавливать новый круг на шпиндель станка, его нужно испытать в соответствии с требованиями ГОСТ. Испытание на прочность шлифовальных кругов состоит в том, что им сообщают такую окружную скорость, которая превышает рабочую.

При мокром шлифовании после работы вода должна быть спущена, иначе у круга, погруженного на длительное время в жидкость, одна сторона, впитав влагу, становится тяжелее, и при работе круг окажется несбалансированным. Если температура помещения в нерабочее время будет ниже нуля, то вода в порах круга замерзнет, появятся незаметные трещины, которые могут привести к разрыву круга.



Фиг. 256. Примеры правильного крепления кругов:
1 — закрепление на цилиндрическом шпинделе; *2* — закрепление на коническом шпин деле; *3* — закрепление при внутреннем шлифовании; *4* — закрепление чашеобразного круга; *5* — закрепление сегментов круга; *6* — закрепление кругов диаметром 3—6 *мм*; *7* — закрепление кругов диаметром 6—10 *мм*; *8* — закрепление на коническом шпинделе; *9* — закрепление на цилиндрическом круге.

Крепление шлифовального круга на шпинделе станка. Большое внимание должно быть обращено на правильное крепление кругов во избежание их разрыва. Способы крепления кругов разнообразны и зависят от формы круга, его размеров и т. д.

На фиг. 256 указаны примеры правильного крепления кругов. Все эти способы крепления должны отвечать двум требованиям:

а) надежно закрепить круг на шпинделе;

б) не создать в круге внутренних напряжений.

На шпинделе круг закрепляют при помощи двух фланцев. Направление резьбы для прижатия шайб должно быть обратным на-

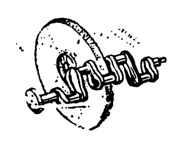
правлению вращения шпинделя, иначе гайка будет свинчиваться со шпинделя, ослабляя крепление. Гайку не следует затягивать сильно, так как в круге появятся внутренние напряжения.

Отверстие круга должно быть больше диаметра шпинделя на 0,2—0,4 *мм* для расширения шпинделя от нагревания во время работы. Ввиду того, что боковые поверхности круга могут быть неровными, фланцы со стороны, прилегающей к кругу, должны иметь в средней части выемку глубиной до 1,5 *мм*. Зажим круга производится тщательно обточенной кольцевой поверхностью фланца; ширина этой поверхности должна быть не менее $^1/_{16}$ диаметра круга.

Для равномерного нажатия между фланцем и кругом прокладывают эластичные (мягкие) кольца из кожи, войлока, резины или прессшпана. Диаметр этой прокладки немного больше диаметра фланца, а толщина его 0,6—0,7 *мм* в случае применения картона и около 2 *мм* при других материалах. Диаметр фланца должен быть не менее половины диаметра круга, так как маленькие фланцы не могут удержать осколков круга при его разрыве.

Скорость вращения шлифовального круга. Помимо внешнего осмотра и простукивания, шлифовальные круги диаметром 100 *мм* и выше, предназначенные для работы с окружной скоростью более 10 *м/сек,* должны быть испытаны на специальных испытательных стендах при числе оборотов, превышающем указанные в маркировке круга на 50%. Новые круги диаметром 100 *мм,* не имеющие в маркировке указания о допустимом числе оборотов, к работе не допускаются.

Увеличивать скорость вращения шлифовального круга выше той, которая указана на круге, нельзя. Допустимые окружные скорости шлифовальных кругов и правила их испытания приводятся в руководящих материалах (ГОСТ 4785—53 и 3881—53).



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Тангенсы и котангенсы

Градусы	Тангенс (сокращенно tg)							
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	0,018	89
1	0,018	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	0,035	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,052	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070	86
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	0,088	85
5	0,088	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,105	84
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	0,123	83
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	0,141	82
8	0,141	0,144	0,147	0,150	0,152	0,155	0,158	81
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	0,176	80
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	0,194	79
11	0,194	0,197	0,200	0,204	0,206	0,210	0,213	78
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	0,231	77
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	0,249	76
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	0,268	75
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	0,287	74
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	0,306	73
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,319	0,322	0,325	72
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	0,344	71
19	0,344	0,347	0,351	0,354	0,357	0,361	0,364	70
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	0,384	69
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	0,404	68
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	0,424	67
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	0,445	66
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	0,466	65
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	0,488	64
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	0,510	63
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	0,532	62
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	0,554	61
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	0,577	60
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	0,601	59
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	0,625	58
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	0,649	57
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	0,675	56
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	0,700	55
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	0,727	54
36	0,727	0,731	0,736	0,740	0,744	0,749	0,754	53
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	0,781	52
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	0,810	51
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	0,839	50
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	0,869	49
41	0,869	0,874	0,840	0,885	0,890	0,895	0,900	48
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	0,933	47
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0,955	0,960	0,966	46
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	1,000	45
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	Градусы
	Котангенс (сокращенно ctg)							

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (окончание)

Градусы	Тангенс (сокращенно tg)							
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
45	1,000	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	44
46	1,036	1,042	1,048	1,054	,060	1,066	1,072	43
47	1,072	1,079	1,085	1,091	1,098	1,104	1,111	42
48	1,111	1,117	1,124	1,130	1,137	1,144	1,150	41
49	1,150	1,157	1,164	1,171	1,178	1,185	1,192	40
50	1,192	1,199	1,206	1,213	1,220	1,228	1,235	39
51	1,235	1,242	1,250	1,257	1,265	1,272	1,280	38
52	1,280	1,288	1,295	1,303	1,311	1,319	1,327	37
53	1,327	1,335	1,343	1,351	1,360	1,368	1,376	36
54	1,376	1,385	1,393	1,402	1,411	1,419	1,428	35
55	1,428	1,437	1,446	1,455	1,464	1,473	1,483	34
56	1,483	1,492	1,501	1,511	1,520	1,530	1,540	33
57	1,540	1,550	1,560	1,570	1,580	1,590	1,600	32
58	1,600	1,611	1,621	1,632	1,643	1,653	1,664	31
59	1,664	1,675	1,686	1,698	1,709	1,720	1,732	30
60	1,732	1,744	1,756	1,767	1,780	1,792	1,804	29
61	1,804	1,816	1,829	1,842	1,855	1,868	1,881	28
62	1,881	1,894	1,907	1,927	1,935	1,949	1,963	27
63	1,963	1,977	1,991	2,006	2,020	2,035	2,050	26
64	2,050	2,066	2,081	2,097	2,112	2,128	2,145	25
65	2,145	2,161	2,177	2,194	2,211	2,229	2,246	24
66	2,246	2,264	2,282	2,300	2,318	2,337	2,356	23
67	2,356	2,375	2,394	2,414	2,434	2,455	2,475	22
68	2,475	2,496	,517	2,539	2,560	2,583	2,605	21
69	2,605	2,628	2,651	2,675	2,699	2 723	2,747	20
70	2,747	2,773	2,798	2,824	2,850	2,877	2,904	19
71	2,904	2,932	2,960	2,989	3,018	3,047	3,078	18
72	3,078	3,108	3,140	3,172	3,204	3,237	3,271	17
73	3,271	3,305	3,340	3,376	3,412	3,450	3,487	16
74	3,487	3,526	3,566	3,606	3,647	3,689	3,732	15
75	3,732	3,776	3,821	3,867	3,914	3,962	4,011	14
76	4,011	4,061	4,113	4,165	4,219	4,275	4,331	13
77	4,331	4,390	4,449	4,511	4,574	4,638	4,705	12
78	4,705	4,733	4,843	4,915	4,989	5,066	5,145	11
79	5,145	5,226	5,309	5,396	5,485	5,576	5,671	10
80	5,671	5,769	5,871	5,976	6,084	6,197	6,314	9
81	6,314	6,435	6,561	6,691	6,827	6,968	7,115	8
82	7,115	7,269	7,429	7,596	7,770	7,963	8,144	7
83	8,144	8,345	8,556	8,777	9,010	9,255	9,514	6
84	9,514	9,788	10,078	10,385	10,712	11,059	11,430	5
85	11,430	11,826	12,251	12,706	13,197	13,727	14,301	4
86	14,301	14,924	15,605	16,450	17,169	18,075	19,081	3
87	19,081	20,206	21,470	22,904	24,542	29,432	28,636	2
88	28,636	31,242	34,368	38,189	42,964	49,104	57,290	1
89	57,290	68,750	85,940	114,589	171,885	343,77		0
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′	Градусы
	Котангенс (сокращенно ctg)							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
82	16 снизу	60—90 *м/мин*	50—60 *м/мин*	авт.
100	Табл. 15 графа 1 слева	Классы точности 1; 2; 3	Классы точности 2; 3	тип.
247	25 снизу	0,2 *мм*.	0,2 диаметра сверла.	авт.
273	19 снизу	иногда получается	получается	авт.
274	6 снизу	точку B.	точку B_1.	авт.
275	9 сверху	$a = \frac{CB_1}{z}$	$a = \frac{DB_1}{z}$.	авт.
280	14 снизу	$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi D_\partial l_1 s h_\partial}{\pi D_k n_\kappa}$ *мм*^{2}.	$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi D_\partial t s n_\partial}{\pi D_k n_k}$ *мм*^{2}.	авт.

Поправка. Цифровые обозначения на фиг. 226 (стр. 266) следует читать:

4 вместо *2*	*6* вместо *7*	*5* вместо *12*
9 » *4*	*2* » *8*	*14* » *13*
10 » *5*	*12* » *9*	*13* » *14*
8 » *6*	*7* » *10*	

В. В. Лоскутов, Шлифование металлов, Машгиз, 1956.



ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОСКУТОВ.
ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Обложка *М. Н. Гарипова.*

Технические редакторы: *Н А. Ермаков, Н. А. Дугина.*

Корректор *В. П. Ярыгина.*

*

НС 24886. Сдано в производство 9/VII 1956 г. Подписано к печати 28/XI 1956 г. Печ. л. 22. Уч.-изд. л. 23,7. Бум. л. 11. Формат 60Х92¹/₁₆. Тираж 23000. Индекс 2—2.

Заказ № 5952.

*

г. Новосибирск. Типография № 1 Полиграфиздата. Красный проспект, 20.

6 р. 90 к.



УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Свердловск, ул. К. Либкнехта, 23.